ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JUIN 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Bassot**, en présentant à l'Académie le Tome XII des *Annales de l'Observatoire de Nice*, s'exprime en ces termes :

« Ce Volume contient la suite des observations méridiennes, faites principalement pour la revision du Catalogue d'étoiles doubles de Dorpat : la fin des observations concernant ce long travail, qui n'a pas duré moins de 16 ans, ainsi que le Catalogue, établi à Nice, qui en résulte, est en cours d'impression et formera le Tome XIV.

» Le Tome XII renferme, en outre, le relevé de toutes les observations, non encore publiées, de comètes et de petites planètes, exécutées aux trois équatoriaux que possède l'Observatoire de Nice, le grand équatorial de $0^{m},76$ d'ouverture, le petit de $0^{m},38$ et le coudé de $0^{m},40$. Il donne enfin les découvertes et calculs d'orbites de comètes obtenus à Nice. »

CHRONOMÉTRIE. — *Sur les signaux horaires destinés aux marins.* Note de M. H. **Poincaré**.

Je crois devoir, au nom du Bureau des Longitudes, communiquer à l'Académie quelques détails sur une intéressante application de la T. S. F. à la navigation. C'est M. le lieutenant de vaisseau Tissot qui en a le premier conçu le projet; il a pensé que d'un poste radiotélégraphique suffisamment puissant, on pourrait envoyer à de très grandes distances aux navires en mer des signaux quotidiens qui leur permettraient de régler leurs montres et même de se passer de chronomètre. Il a même construit

des appareils récepteurs, dont le prix est très modique et fort inférieur à celui d'un chronomètre, dont le maniement est facile et qui pourrait être facilement acquis, même par les caboteurs.

Le Bureau des Longitudes, saisi de la proposition, en confia l'étude à M. le Commandant Guyou ; notre confrère démontra que la réalisation était possible, et l'on put obtenir sans peine des Pouvoirs publics les crédits nécessaires. Nous ne pouvions naturellement rien faire sans le concours de l'Observatoire et sans celui du Service radiotélégraphique militaire de la Tour Eiffel. En ce qui concerne la partie astronomique, M. Baillaud a chargé de cette mission M. Boquet qui s'en est acquitté avec son zèle, son dévouement et sa ponctualité accoutumés. Nous devons également remercier M. le Commandant Ferrié qui a organisé les appareils producteurs de signaux et dont la compétence spéciale et l'esprit inventif nous ont été très utiles.

L'installation a été retardée de plusieurs mois par les inondations de la Seine, qui ont amené la destruction complète du poste de la tour Eiffel. Aujourd'hui le désastre est réparé et le service fonctionne régulièrement depuis le 23 mai.

De $11^h 59^m$ à $11^h 59^m 55^s$ on envoie une série de traits à titre d'avertissement ; à minuit $0^m 0^s$ un signal court est envoyé automatiquement par la pendule. De minuit $1^m 0^s$ à minuit $1^m 55^s$, nouvelle série d'avertissement comprenant un trait, deux points, un trait, deux points, etc.; à minuit $2^m 0^s$, nouveau signal court automatique. De minuit $3^m 0^s$ à minuit $3^m 55^s$, troisième série d'avertissement comprenant un trait, quatre points, un trait, quatre points, etc.; à minuit $4^m 0^s$, dernier signal court automatique.

De cette façon, les navires auxquels le premier signal aurait échappé, recevront l'un des deux derniers, et grâce à la différence des séries d'avertissement, aucune confusion ne sera à craindre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et propriétés des α-hydrindones-β-dialcoylées ou indanones-1-dialcoylées-2.2.* Note de MM. **A. Haller** et **Ed. Bauer**.

Parmi les divers modes de formation des α-hydrindones ou indanones-1, celui consistant à porter des chlorures des acides β-phénylpropioniques, qu'on traite au sein de l'éther de pétrole par du chlorure d'aluminium, compte parmi les plus simples et les plus pratiques.

C'est ainsi que M. S. Kipping (¹) a obtenu l'indanone-1 en s'adressant au chlorure de l'acide phénylpropionique et, plus tard, la β-méthylhydrindone-α, ou 2-méthylindanone-1, en condensant dans les mêmes conditions le chlorure de l'acide α-méthyl-β-phénylpropionique ou benzylméthylacétique (²).

Ce même composé avait d'ailleurs été préparé par MM. Miller et Rhode en chauffant, à 150°, l'acide même avec de l'acide sulfurique concentré (³). Le mode d'obtention, que nous avons signalé (⁴), des acides benzyldialcoylacétiques $C^6H^5CH^2.C\begin{cases}R\\CO^2R\\R\end{cases}$, nous a suggéré l'idée d'appliquer la méthode de M. Kipping pour la préparation des dialcoyl-2.2-indanones.

Grâce à l'amidure de sodium que nous avons fait réagir sur l'indanone-1 au sein du toluène, nous avons d'autre part réussi à alcoyler directement ce produit et avons, en particulier, obtenu une 2.2-diméthylindanone absolument identique à celle préparée par condensation du chlorure de l'acide diméthylbenzylacétique.

2.2-*Diméthylindanone*-1 $C^6H^4\begin{cases}CH^2\\CO\end{cases}C=(CH^3)^2$. — Le chlorure de l'acide benzyldiméthylacétique s'obtient très facilement en chauffant cet acide au bain-marie avec un peu plus que la quantité théorique de chlorure de thionyle. Quand il ne se dégage plus d'acide chlorhydrique, on chasse le chlorure de thionyle en excès dans le vide et l'on distille, sous pression réduite, le résidu qui est à peine coloré.

Le chlorure de l'acide benzyldiméthylacétique $C^6H^5CH^2C(CH^3)^2—COCl$ constitue un liquide mobile, incolore, à odeur piquante et distillant à 125°-126° sous 15^{mm}. Refroidi dans un mélange de glace et de sel, il se prend en une masse de cristaux se fondant à + 5°.

Pour transformer ce chlorure en diméthylindanone, on opère de la façon suivante : On ajoute dans un mortier 1^{mol} de chlorure dissous dans l'éther de pétrole (pour 20^g de chlorure on emploie environ 150^g de carbure). La solution est ensuite additionnée de chlorure d'aluminium finement pulvérisé qu'on introduit par petites portions. Il se

---

(¹) S. Kipping, *Journ. of chem. Soc.*, 1894, p. 480.

(²) S. Kipping et Clarke, *Proc. chem. Soc.*, 1901, p. 181.

(³) Miller et Rhode, *Deut. chem. Ges.*, t. XXIII, p. 1898.

(⁴) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 70; t. CXLIX, p. 5.

dégage de l'acide chlorhydrique, en même temps qu'il se dépose une huile brun clair, insoluble dans l'éther de pétrole et se prenant en une masse cristalline. On continue à ajouter le chlorure d'aluminium en ayant soin maintenant de broyer la masse jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide chlorhydrique, ce qui arrive après addition de 1^{mol} à $1^{mol},2$ de chlorure. Quand on a soin de prendre les précautions indiquées, le produit de la réaction se présente sous la forme d'une poudre cristalline jaune clair, sous une couche d'éther de pétrole incolore.

On verse alors le contenu du mortier sur de la glace additionnée d'acide chlorhydrique. La combinaison aluminique se dissocie peu à peu, l'alumine entre en dissolution, tandis que la diméthylindanone formée se précipite en flocons blancs, cristallins, presque purs. On reprend par l'éther, on lave à la soude, on chasse l'éther et l'on distille le résidu dans le vide.

Le produit passe intégralement de 118° à 119° sous 15^{mm} en ne laissant qu'un résidu insignifiant quand l'opération a été bien conduite. Les rendements sont de 80 pour 100 par rapport à l'acide benzyldiméthylacétique employé.

La *diméthylindanone*, formée en vertu de la réaction

$$C_6H_5\,CH^2 - \underset{\displaystyle ClCO}{C}\!\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right. = C_6H_4\left\langle\begin{matrix}CH^2\\CO\end{matrix}\right\rangle C\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right. + HCl,$$

cristallise au sein de l'éther de pétrole bouillant, en magnifiques cristaux fondant à 44°-45°. Elle est plus soluble dans l'éther ordinaire et dans l'alcool.

Ne possédant plus d'hydrogène substituable en α par rapport au groupe cétonique, la diméthylindanone devait se comporter, vis-à-vis de l'amidure de sodium, comme le fénone et la camphénilone de Semmler (¹), ou encore comme le diméthylcamphre (²) et nos trialcoylacétophénones (²).

La rupture d'un des noyaux pourrait toutefois se faire suivant deux schémas différents exprimés par les équations suivantes :

$$\text{I.}\quad C_6H_4\left\langle\begin{matrix}CO\\CH^2\end{matrix}\right\rangle C\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right. + NH^2Na = C_6H_5\,CH^2C\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right. CONH^2,$$

$$\text{II.}\quad C_6H_4\left\langle\begin{matrix}CO\\CH^2\end{matrix}\right\rangle C\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right. + NH^2Na = C_6H_4\left\langle\begin{matrix}CONH^2\\CH^2 - CH\left\langle\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right.\end{matrix}\right..$$

Dans le premier cas on aurait de l'amide de l'acide diméthylbenzylacétique et dans le second l'amide de l'acide orthoisobutybenzoïque.

(¹) F.-W. Semmler, *Deut. chem. Ges.*, t. XXXIX, p. 2577.

(²) A. Haller et E. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1652 et p. 70.

L'expérience a montré que la réaction s'effectue suivant la première équation. En effet, quand on chauffe la diméthylindanone en solution dans la benzine anhydre, avec 2^{mol} d'amidure de sodium finement pulvérisé pendant 3 à 4 heures et qu'on décompose par de l'eau, dans les conditions indiquées pour la scission des trialcoylacétophénones, on obtient en quantité théorique de l'amide diméthylbenzylacétique fondant à 63°. Nous avons identifié cette amide avec le même produit obtenu par scission de la diméthylbenzylacétophénone.

Contrairement à l'indanone, le dérivé diméthylé résiste très bien à l'action de l'acide azotique à 40 pour 100 bouillant.

Diméthylindanone semicarbazone $C^6H^4 \langle \begin{smallmatrix} C(=NNHCONH^2) \\ CH^2 \end{smallmatrix} \rangle C(CH^3)^2$. — Ce dérivé prend naissance quand on chauffe pendant 4 heures un mélange de diméthylindanone et de semicarbazide au sein de l'acide acétique cristallisable. On verse dans l'eau et le précipité est mis à cristalliser dans l'alcool. On obtient des aiguilles blanches peu solubles dans l'éther de pétrole et fondant à 209°-210°.

Il est à remarquer que cette semicarbazone se forme plus difficilement que la semicarbazone de l'indanone non substituée.

Nous avons réussi à diméthyler l'indanone directement en employant la méthode qui nous avait servi pour la préparation des alcoylhexanone, menthone, camphre, etc.

Nous sommes partis à cet effet de l'indanone que nous avons préparée par la méthode, légèrement modifiée, de St. Kipping. Il suffit, en effet, d'opérer la condensation du chlorure de l'acide hydrocinnamique sur lui-même, à basse température, et de verser le produit obtenu sur de la glace acidulée par de l'acide chlorhydrique. On obtient, dans ces conditions, des rendements de 80 pour 100.

L'indanone pure, dissoute dans l'éther anhydre, réagit déjà à froid avec de l'amidure de sodium avec formation d'un précipité et dégagement d'ammoniaque. Pour terminer la réaction, on chauffe au bain-marie, en ayant toutefois soin d'éviter toute entrée d'air qui pourrait oxyder le produit. Quand il ne se dégage plus d'ammoniaque, on introduit peu à peu l'iodure de méthyle. Il se produit une réaction assez vive avec dépôt d'iodure de sodium. Au bout d'une heure d'ébullition, on laisse refroidir et l'on isole le dérivé par les moyens connus. Il distille de 116° à 120° sous 16^{mm}.

Ce produit est ensuite soumis à la même série de traitements qui, cette fois, s'effec-

tuent au sein de la benzine. On obtient finalement un corps qui passe à 119°, sous 16mm, et qui ne tarde pas à se prendre en une masse cristalline, fondant à 44° et absolument identique au produit obtenu par le premier procédé.

Chauffé au sein de la benzine anhydre avec de l'amidure de sodium, cette diméthylindanone subit la même rupture et donne naissance à la même diméthylbenzylacétamide fusible à 63°.

2.2-*Diéthylindanone*-1 $C^6H^4\left\langle\begin{matrix} CO \\ CH^2 \end{matrix}\right\rangle C\left\langle\begin{matrix} C^2H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix}\right.$. — Ce composé a été obtenu en passant par le même cycle de réactions que celui suivi pour la préparation de l'homologue inférieur.

A cet effet on commence par préparer l'*éthylbenzylacétophénone*

$$\begin{matrix} & C^2H^5 & & \\ & | & & \\ C^6H^5CH^2 - & CH & - CO - & C^6H^5 \end{matrix}$$

en faisant réagir, au sein de l'éther anhydre, d'abord de l'amidure de sodium, puis du chlorure de benzyle sur la *n*-propylphénylcétone

$$C^6H^5CO^2CH^2 - CH^2CH^3.$$

En opérant comme il a été décrit dans nos Mémoires précédents, on obtient l'*éthylbenzylacétophénone* cherchée sous la forme d'un liquide passant de 183° à 185° sous 14mm et fournissant avec le réactif de Crismer une oxime en fines aiguilles fusibles à 70°.

On constate que dans cette préparation la benzylation va plus loin et que le résidu laissé par la benzyléthylacétophénone, soumis lui-même à une rectification sous un vide de 13mm, fournit, vers 258°, un liquide qui se prend en masse par le refroidissement. Dissous dans l'alcool, ce corps cristallise en aiguilles fondant à 67°-68° qui ont la composition de la *dibenzyléthylacétophénone* $C^6H^5.CO.\overset{\overset{C^3H^5}{|}}{C}(CH^2C^6H^5)^2$.

Monobenzyldiéthylacétophénone $C^6H^5.CO.C\left\langle\begin{matrix} CH^2C^6H^5 \\ (C^2H^5)^2 \end{matrix}\right.$. — L'éthylation de la monobenzyléthylacétophénone s'est faite au sein du benzène en chauffant la cétone, d'abord avec l'amidure de sodium, puis avec de l'iodure d'éthyle. Après les traitements d'usage, on réussit à isoler un produit passant de 190° à 202° sous 13mm et qui ne tarde pas à cristalliser. Par dissolution dans l'alcool bouillant et refroidissement subséquent, on l'obtient sous la forme de tablettes fondant à 80°-80°,5.

Cette cétone, chauffée avec le réactif de Crismer, ne fournit pas d'oxime.

Cette même benzyldiéthylacétophénone a été produite en éthylant d'abord la propylphénylcétone sodée au moyen de l'amidure en solution éthérée, puis benzylant, suivant le même processus, la *diéthylacétophénone* obtenue. Cette dernière cétone $C^6H^5CO.CH\langle{}^{C^2H^5}_{C^2H^5}$ se présente sous la forme d'un liquide distillant à 241°-243° sous 742mm [1].

Son oxime fond à 90°.

La benzylation de la diéthylacétophénone conduit avec de bons rendements à la même monobenzyldiéthylacétophénone fondant à 80°-80°,5.

Monobenzyldiéthylacétamide. Acide et chlorure monobenzyldiéthylacétiques. — Le dédoublement de la cétone par l'amidure de sodium a été essayé au sein du benzène, du toluène et du xylène et, dans aucun des essais, il ne s'est effectué avec de bons rendements.

On isole des produits qui distillent de 110° à 180°, sous 20mm, dont nous poursuivons l'étude, puis une fraction, passant de 180° à 200°, qui contient l'amide cherchée à côté de cétone non altérée, et enfin un résidu goudronneux distillant à une température beaucoup plus élevée.

Sans chercher à purifier l'amide, nous avons directement traité la portion, passant de 180° à 200° qui la contenait, par de l'acide chlorhydrique et de l'azotite de soude, et avons réussi à obtenir une certaine quantité d'acide soluble dans le carbonate de sodium, d'où l'acide sulfurique le précipite de nouveau sous la forme d'une huile épaisse distillant à 197°-199° sous 17mm.

Chauffé avec du chlorure de thionyle, cet acide fournit un chlorure

$$C^6H^5CH^2.C\begin{matrix}\diagup C^2H^5\\ -COCl\\ \diagdown C^2H^5\end{matrix}$$

à odeur piquante qui distille à 148° sous 13mm.

La diéthylindanone prend naissance dans les mêmes conditions que son homologue inférieur : traitement d'une solution du chlorure de l'acide benzyldiéthylacétique dans l'éther de pétrole par du chlorure d'aluminium pulvérisé, puis décomposition par la glace et l'acide chlorhydrique du produit cristallin formé.

Elle se présente sous la forme d'un liquide distillant à 138° sous 13mm et

---

(1) BAYER et PERKIN indiquent comme point d'ébullition de cette cétone 229°-231°, sous 710mm (*Deut. chem. Ges.*, t. XVI, p. 2131). Claisen l'a sans doute également obtenue par éthylation de l'acétophénone sodée au moyen de l'amidure (*Deut. chem. Ges.*, t. XXXVIII, p. 697).

se prenant en masse dans un mélange réfrigérant. Les cristaux fondent à $+7^\circ$.

Traitée en milieu acétique par de la semicarbazide, elle ne fournit pas de semicarbazone, alors que la diméthylindanone se combine à ce réactif.

En résumé, les résultats consignés dans ce Mémoire sont les suivants :

1° Notre nouveau procédé de préparation des acides trialcoylacétiques nous permet d'obtenir assez facilement les acides benzyldialcoylacétiques dont les chlorures, en présence du chlorure d'aluminium, se condensent sur eux-mêmes à la façon du chlorure de l'acide β-phénylpropionique, pour donner naissance à des 2.2-dialcoylindanones-1;

2° Ces mêmes dialcoylindanones peuvent être préparées en partant de la plus simple, l'indanone-1, qu'on traite par de l'amidure de sodium et des iodures alcooliques;

3° Quel que soit leur mode de formation, ces dialcoylindanones, une fois formées, redonnent l'amide de l'acide benzyldialcoylacétique dont on est parti, de telle sorte qu'on se trouve en présence d'une nouvelle méthode de production de ces acides si l'on considère qu'on peut préparer les dialcoylindanones en alcoylant l'indanone simple;

4° Pour arriver à la diéthylindanone, nous avons dû préparer les benzyléthyl- et benzyldiéthylacétophénones, inconnues jusqu'alors, et avons obtenu en outre, comme produit secondaire, de la dibenzyléthylacétophénone qui n'avait pas encore été signalée.

Nous nous proposons de préparer, par notre méthode, les acides αα-dialcoyl-γ-phénylbutyriques, de les condenser, toujours suivant la méthode de St. Kipping, en 2.2-dialcoyl-1-tétrahydronaphténone, et d'essayer sur ces composés l'action de l'amidure de sodium pour nous assurer si ce réactif détermine également la rupture des chaînes hexagonales.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Contemporanéité de la formation et de l'élimination des déchets azotés chez les sujets en état de jeûne.* Note de MM. **A. Chauveau** et feu **Contejean.**

L'importante constatation annoncée dans le titre de la présente Note a été faite au cours d'expériences sur la *marche de l'accroissement des excreta urinaires, de nature azotée, sous l'influence d'une cause excitatrice du mouvement de rénovation de la matière vivante, c'est-à-dire de la désintégration des substances albuminoïdes qui entrent dans la constitution des tissus de*

l'organisme. Il convient d'indiquer tout d'abord le but dans lequel cette étude a été entreprise.

Les substances albuminoïdes de l'organisme ont-elles un rôle à jouer comme source du potentiel auquel s'alimente la dépense énergétique liée à l'exécution du travail musculaire? Deux Notes, publiées au commencement de l'année 1896 [1], apportent à la solution de cette grosse question une contribution très précise, partant très précieuse. Nos expériences se sont prononcées en faveur d'une réponse nettement négative.

Ces expériences ont consisté dans la comparaison des excreta azotés de l'urine, chez des sujets inanitiés mis alternativement au repos et en état de travail. On a contrôlé cette première série d'expériences par une autre, où la comparaison des excreta azotés de l'urine était faite sur un sujet de l'espèce canine nourri à la viande crue, parfaitement dégraissée.

Dans les deux cas, l'intervention du travail n'a pas modifié sensiblement la quantité des uréides formés au cours des expériences. Les très faibles et tout à fait négligeables différences qui étaient constatées se produisaient aussi bien à l'avantage des périodes de repos que de celles de travail. Par cette inaptitude de l'intervention du travail musculaire à modifier la valeur de l'excrétion courante des uréides, on était autorisé à conclure, sans hésitation, que « *les albuminoïdes ne sont pas au nombre des substances constituant le potentiel dans la combustion duquel les muscles puisent directement l'énergie nécessaire à leur fonctionnement* ».

C'est surtout sur le sujet en état de jeûne que se sont manifestés, dans tout l'éclat de leur très belle simplicité, les résultats, déjà entrevus par d'autres, qui imposent cette conclusion. Dans cette condition, les excreta azotés de l'urine ont pour source unique la désintégration imprimée, par la fonction rénovatrice de la matière, aux albuminoïdes de l'organisme. A un moment donné, la courbe bi-horaire de cette excrétion d'azote ne subit plus que de faibles oscillations. *Toute dépense supplémentaire d'albumine ne pourrait donc alors manquer d'élever sensiblement la hauteur de cette courbe. Or, ceci n'est jamais arrivé au cours des expériences*. La conclusion qu'on en a tirée est donc une proposition sûre.

---

[1] *Le travail musculaire n'emprunte rien de l'énergie qu'il dépense aux matières albuminoïdes des humeurs et des éléments anatomiques de l'organisme* (*Comptes rendus*, t. CXXII, 24 février 1896).

Le travail musculaire emprunte-t-il directement de l'énergie aux albuminoïdes des aliments? (*Ibid.*, 2 mars).

Elle a été pourtant contestée. Tout au moins a-t-on voulu prétendre que les expériences d'où découle ladite proposition comportaient trop de difficultés et étaient de nature trop délicate pour légitimer une pleine et entière confiance dans l'exactitude des résultats négatifs de la comparaison. Voici les principales objections produites :

Premièrement, on a objecté que la grandeur du travail musculaire qu'on a fait intervenir était trop petite pour provoquer, dans ces expériences, une dépense d'albumine capable de se manifester clairement par un accroissement de l'excrétion azotée.

Deuxièmement, l'absence totale de cette excrétion azotée, au cours du travail effectué, à la supposer indiscutable, ne saurait être considérée comme une preuve certaine de la non-participation des albuminoïdes à la mobilisation de l'énergie qu'exige la production du travail intérieur représenté par la contraction musculaire. Il se pourrait qu'il y eût formation d'uréides au moment de la mise en activité des muscles, mais que l'élimination n'en fût pas terminée, ni même commencée, au moment de la cessation du travail. Rien ne prouve, en effet, que cette élimination des déchets azotés soit nécessairement contemporaine de leur formation.

Examinons rapidement les deux objections.

La première est fondée sur une équivoque. Les contradicteurs ont supposé que le nombre de kilogrammètres effectués par le sujet dans les expériences représentait la valeur de toute l'énergie mise en œuvre par son système musculaire. Ce n'en était qu'une faible partie. Faut-il rappeler la disproportion qui existe toujours entre la dépense énergétique du travail intérieur de la contraction musculaire et la valeur du travail extérieur dont celle-ci est l'agent? Ne sait-on pas qu'en certaines conditions, cette disproportion peut devenir énorme? Incontestablement les travaux intérieurs effectués dans les expériences eussent été largement suffisants, pour accroître la hauteur de la courbe de l'excrétion azotée, si l'énergie nécessaire à ces travaux avait eu pour origine la dislocation des substances albuminoïdes de l'organisme. Cette courbe ne s'est point élevée quand le sujet a travaillé parce que c'est une autre substance, un potentiel non azoté, qui a fourni cette énergie. Et elle n'est point de médiocre valeur, cette énergie, comme l'atteste le haut accroissement des échanges respiratoires qui accompagne toujours le travail musculaire. Le lumineux contraste que cet accroissement fait avec l'immobilité de la valeur de l'excrétion azotée était déjà signalé dans le récit des expériences de 1896. Comment s'expliquer qu'on n'en ait

pas tenu compte? Jamais cette première objection n'aurait dû être formulée : elle ne s'appuyait que sur des arguments mort-nés.

La seconde objection n'a point de fondements plus sérieux. Les faits nous l'avaient déjà démontré dès 1895. Mais ces faits, partie d'un grand ensemble de constatations expérimentales restées incomplètes, sur la fonction fondamentale de la rénovation de la matière, n'ont jamais été publiés. Il importe de ne point les laisser perdre. C'est le but de la présente Note. On y va voir que, chez le sujet en état de jeûne, les déchets azotés contenus dans l'urine y apparaissent toujours avec une telle rapidité, après l'intervention des causes provocatrices des désintégrations des albuminoïdes, qu'un long espace de temps ne pourrait prendre place entre le moment de la *formation* et celui de l'*élimination* desdits déchets. *C'est la démonstration de la quasi-contemporanéité des deux phénomènes et de la sûreté de la promptitude avec laquelle, dans leur cas, l'effet d'accélération répond à la cause accélératrice.*

Expérience. — Elle a été faite, au cours d'une période de jeûne qui a duré 6 jours (exactement 140 heures), sur une chienne du poids moyen de $13^{kg},200$, dressée depuis longtemps aux expériences de même nature. Pendant cette période de jeûne, le sujet continuait à recevoir chaque soir, à l'aide de la sonde œsophagienne, 400^{cm^3} d'eau de boisson.

Les opérations ont commencé à la soixantième heure de l'inanition et se sont prolongées sans arrêt jusqu'à la cent-quarantième. Elles ont consisté en cathétérismes répétés de la vessie, permettant de recueillir les urines toutes les 2 heures, sauf pendant les deux premières nuits, où l'urine de 14 heures fut retirée d'un seul coup. Les périodes de temps entre lesquelles se répartissent les opérations forment trois groupes. Le premier comprend les opérations du premier jour; le second, celle du deuxième jour; le troisième, les opérations des troisième et quatrième jours.

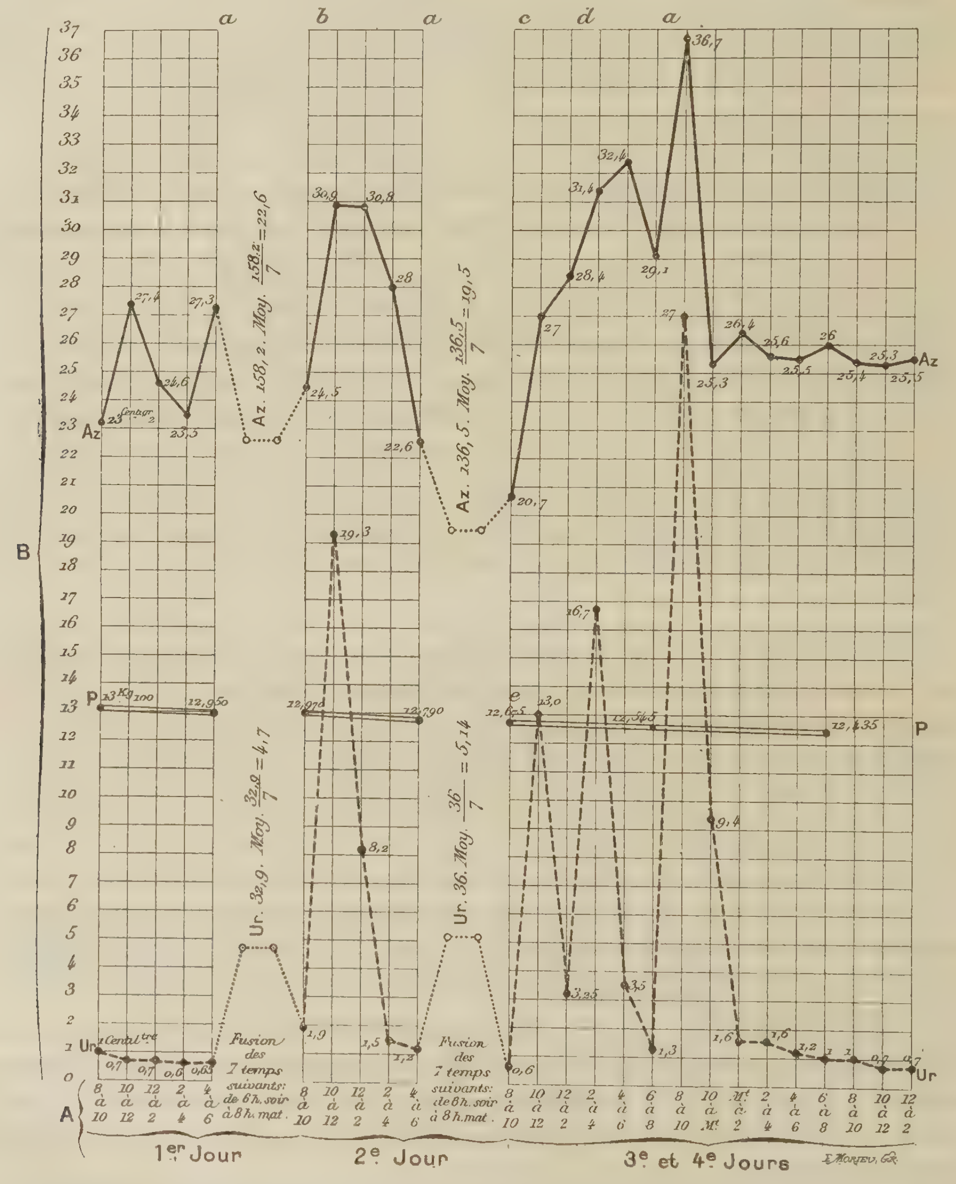
Les interventions à l'aide desquelles on a cherché à influencer la marche des désintégrations sont au nombre de quatre : aucune dans les périodes du premier groupe, qui servent de point de comparaison; une dans celles du deuxième groupe (douche froide de 15 minutes); trois dans le troisième groupe (deux douches froides et l'ingestion quotidienne d'eau de boisson, ingestion adaptée à l'étude de son rôle d'agent excitateur de la désintégration rénovatrice).

L'urine recueillie au cours de l'expérience forma donc 27 lots, dont 25 absolument comparables entre eux, parce qu'ils représentent l'urine des courtes périodes, qui ont eu exactement la même durée. Chacun de ces 27 lots a été soigneusement mesuré et analysé pour en déterminer, en bloc, d'après la valeur de l'azote total, la teneur en urée et autres uréides.

Toutes ces déterminations sont consignées dans le graphique ci-joint. Ne nous attachons qu'à celles qui permettent de voir comment ont répondu les excreta azotés de l'urine dans les 4 périodes où se sont produites les interventions accélératrices des désintégrations intimes de l'organisme.

Considérons d'abord, dans le deuxième groupe des expériences, l'intervention de

la douche administrée à 10h du matin. 1 *heure 45 minutes après son application, l'azote total des excreta urinaires* a atteint son maximum; il est passé de 245mg



A. En *abscisses*, succession des temps ou périodes de l'expérience. — B. Échelle des *ordonnées*, représentant les valeurs suivantes : 1° en *kilogrammes*, le poids du sujet (*courbe* P); 2° en *centilitres*, le volume de l'urine sécrétée (*courbe* Ur); 3° en *centigrammes*, le poids de l'azote total des excreta urinaires (*courbe* Az). — Les lettres, en haut du graphique, indiquent le moment où sont intervenues les diverses causes accélératrices de la désintégration des albuminoïdes de l'organisme : *a*, injection à la sonde de 400cm³ d'eau *b*, *c*, *d*, douche froide de 15 minutes.

à 309^{mg}. 2 heures plus tard, l'azote urinaire est toujours à peu près à la même valeur, 308^{mg}. Il lui faut encore 2 heures pour entrer franchement en décroissance et descendre à 280^{mg}. La réponse de ces excreta azotés est donc des plus explicites. *Pour que leur* élimination *soit arrivée aussi vite à son summum, il a fallu qu'elle débutât de bonne heure et qu'elle suivît de très près leur* formation, *elle-même très précoce. C'est exactement le contraire de ce qui aurait dû se produire en cas de disjonction accentuée des deux phénomènes et l'indication nette de leur quasi-contemporanéité.*

Dans le troisième groupe, où deux douches sont intervenues, l'une à 10^{h} du matin, l'autre à 2^{h}, *la marche ascendante qu'elles ont provoquée dans l'excrétion de l'azote urinaire s'est engagée également d'une manière fort rapide.* Et cette très grande rapidité se retrouve, encore accrue même, dans le très notable accroissement que la dernière intervention, celle de l'ingurgitation d'eau, à 8^{h} du soir, imprime à la valeur des excreta azotés contenus dans l'urine éliminée. Les chiffres constatés donnent à cette marche ascendante une signification précise, qui échappe à toute contestation.

Ainsi, après la première intervention (douche) de cette troisième série, l'azote excrété monte d'abord, en 1 heure 45 minutes, de 207^{mg} à 270^{mg}, puis, dans les 2 heures qui suivent, à 283^{mg}.

Après la deuxième intervention (douche) l'excrétion azotée, partie de ce dernier chiffre, 284^{mg}, reçoit un nouveau coup de fouet, qui l'élève, en 1 heure 45 minutes, à 314^{mg}, puis à 324^{mg} dans la période de 2 heures qui succède à celle au début de laquelle l'intervention s'est produite.

Enfin, après la troisième intervention (ingurgitation d'eau froide), la courbe de de l'excrétion azotée, qui était retombée à 291^{mg}, s'élève, en fin de période, à la hauteur de 367^{mg}, par un saut brusque, suivi d'une chute encore plus brusque, qui fait redescendre cette courbe à 253^{mg} dans la période suivante.

C'est dans ce dernier cas que l'effet accélérateur s'est montré le plus considérable, le plus fugitif aussi et, de ce fait, tout particulièrement concluant comme preuve de l'étroitesse des rapports qui existent entre l'effet et la cause dans le cas des interventions capables d'exciter les désintégrations rénovatrices.

Ainsi, tous les faits de l'expérience s'accordent pour démontrer nettement que, dans le cas de jeûne, la formation des déchets azotés dus à l'accroissement de la désintégration des albuminoïdes de l'organisme ne précède que de très peu leur élimination.

Ces faits prouvent aussi que l'apparition de ces déchets dans l'urine suit de très près l'intervention de la cause qui en a déterminé l'accroissement.

Donc, ce sont les témoins fidèles de toute intervention qui met en suractivité la désintégration des éléments quaternaires de l'organisme.

Il en résulte que tout acte physiologique qui s'accomplit sans modifier en rien la marche de l'excrétion azotée n'emprunte pas à ces désintégrations l'énergie nécessaire à son exécution.

D'où l'on est amené à conclure à la parfaite exactitude des expériences qui

ont démontré que l'énergie mobilisée pour les besoins de la fonction musculaire, chez les sujets en état d'inanition, ne provient pas du potentiel albumine.

La Physiologie générale, qui a si grand intérêt à être renseignée, tant au point de vue de la Science pure qu'à celui de ses applications utilitaires, sur les sources de l'énergie mise en jeu dans les actes de la vie, ne peut qu'enregistrer avec satisfaction les enseignements complémentaires donnés par la présente étude.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la monzonite de Fontaine-du-Genie, près Cherchel (Algérie) et sur les micromonzonites de la région avoisinante.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Jacques de Lapparent.**

Le principal objet de cette Note est de rappeler l'attention des lithologistes et des géologues sur les roches éruptives, d'âge tertiaire, du pays de Cherchel, signalées depuis longtemps, sommairement décrites par MM. J. Curie et G. Flamand [1] il y a une vingtaine d'années, et retombées dans l'oubli. Le pays de Cherchel nous paraît être, en réalité, une *province pétrographique* extrêmement curieuse, par la variété de ses roches tertiaires, l'étendue et la beauté de leurs affleurements, l'indubitable parenté qui lie la plupart d'entre elles. Il serait à désirer qu'un jeune géologue, connaissant bien les méthodes de la pétrographie actuelle, entreprît l'étude détaillée de cette province, depuis El-Affroun et le Chenoua à l'Est, jusqu'aux environs de Ténès à l'Ouest : c'est un admirable sujet de thèse.

L'un de nous a visité, au mois d'octobre de 1909, la région de Sidi-Simiane dans la partie orientale du bassin de l'Oued Messelmoun, et le peti massif de roche grenue qui domine Fontaine-du-Génie et qui est décrit par MM. Curie et Flamand sous le nom de Djebel Aroudjaoud (*loc. cit.*, p. 58). Au sujet de l'âge de ces roches, nous n'avons rien à ajouter aux indications de MM. Curie et Flamand. Les roches de Sidi-Simiane sont en amas, ou en cheminées grossièrement cylindriques ou coniques, ou encore en filons, dans les marnes et les calcaires du Crétacé supérieur; les roches de Fontaine-du-Génie et celles qui sont voisines de l'embouchure du Messelmoun forment des amas ou des cheminées dans le Miocène inférieur (Burdigalien, étage *cartennien* de Pomel).

---

[1] *Explication de la deuxième édition de la Carte géologique provisoire de l'Algérie;* 2e Partie : *Roches éruptives*, p. 50 et suiv. Voir aussi la Thèse de M. Delage sur le Sahel d'Alger, pour les roches de la région comprise entre Zurich et El-Affroun.

Les unes et les autres — et probablement toutes les roches tertiaires de la province — sont à peu près contemporaines : elles sont donc post-burdigaliennes, et l'on ne peut rien dire de plus. Tous les gisements, même celui de Fontaine-du-Génie où la roche est du type grenu, sont nettement *hypoabyssiques*, c'est-à-dire que la roche s'y est consolidée à une faible profondeur au-dessous du jour. Les sédiments encaissants sont très faiblement modifiés au contact, sans que, nulle part, la transformation mérite vraiment le nom de *métamorphisme*. Dans les roches de Sidi-Simiane, il y a de nombreuses veinules, et même quelques petits filons, de sulfures métalliques mélangés (pyrite, galène et blende), à gangue de barytine ou de sidérose. Les minerais sulfurés apparaissent aussi, fréquemment, dans les contacts des roches éruptives avec les sédiments, ou encore dans les sédiments eux-mêmes non loin des contacts. Dans ce dernier cas, on observe la production d'un peu de calamine lorsque les sédiments sont calcaires.

La plupart des roches de la région de Sidi-Simiane sont des *micromonzonites* à mica noir et pyroxène, faiblement quartzifères, c'est-à-dire des roches porphyroïdes, de couleur grise, offrant, avec deux temps de consolidation, la même composition chimique et minéralogique que la *monzonite* grenue de Fontaine-du-Génie. Ces micromonzonites — que l'on pourrait encore appeler *trachyandésites* s'il ne valait pas mieux réserver ce dernier nom aux roches *volcaniques* de même nature — sont rarement fraîches. Les grands cristaux de feldspaths se montrent, presque toujours, fortement muscovitisés; ceux de mica noir, presque entièrement chloritisés. Par contre, le pyroxène, qui est un diopside vert pâle, est, le plus souvent, très bien conservé. Les cristaux de ce pyroxène sont arrondis, et comme corrodés par la pâte. Celle-ci est un fin mélange, parfois micropegmatitique, d'orthose et de quartz. Les quartz de première consolidation sont rares, très petits, et plus corrodés encore que les pyroxènes. Il y a quelques grands cristaux d'actinote, à peine altérés.

Avec ces micromonzonites, on observe, dans les profonds ravins des environs de Sidi-Simiane, quelques amas ou quelques cheminées de roches beaucoup plus claires, blanches ou jaunes, malheureusement très altérées, et qui sont des *microgranites*, ou des *microdiorites quartzifères*, correspondant, avec une forme porphyroïde, aux types acides grenus signalés par MM. Curie et Flamand. Mais les micromonzonites grises sont, de beaucoup, les roches prépondérantes.

Le massif de Fontaine-du-Génie (Djebel Aroudjaoud) est formé d'une très belle *monzonite*, à un seul temps de consolidation, souvent parfaitement fraîche. On exploite près de la route les gros blocs éboulés de la montagne, et cette exploitation a fait, pendant longtemps, donner le nom de Granite au village de Fontaine-du-Génie. La roche était déjà utilisée à l'époque romaine. Nous avons retrouvé les deux types décrits par MM. Curie et Flamand : l'un, *aplitique*, à grain très fin; l'autre, largement *granitoïde* avec

de magnifiques cristaux de mica noir qui ont jusqu'à 2^{cm} de largeur. Entre les deux, il y a des formes d'un grain moyen, où le mica noir est encore très visible. Les relations du type aplitique et du type granitoïde ne sont pas nettes : la démarcation, habituellement très tranchée, ne semblant pas épouser une surface régulière et continue, mais paraissant, au contraire, fort capricieuse.

Au microscope, on constate la présence des mêmes minéraux dans tous les types : l'aplitique, le granitoïde ou l'intermédiaire. La différence est seulement dans la structure, et aussi dans l'abondance du quartz. Rare dans la roche granitoïde, où la teneur en silice s'abaisse à 54 pour 100, ce dernier minéral devient assez abondant quand la roche est aplitique, et la teneur en silice peut alors s'élever à 66 pour 100 (MM. Curie et Flamand), de sorte que ces aplites sont comparables, pour l'acidité, aux *tonalitaplites* des Alpes orientales.

Nous n'avons pas observé la néphéline, signalée par MM. Curie et Flamand. La pauvreté de la roche en sodium rend la présence de ce minéral très peu vraisemblable. Les seuls minéraux observés par nous, dans les échantillons frais, sont : la biotite; le diopside vert pâle; l'actinote très claire, souvent groupée en houppes; l'orthose; un plagioclase, qui, tantôt est homogène avec une teneur en anorthite d'environ 70 pour 100, et tantôt est zoné avec une périphérie à 40 An et un cœur à 80 An; le quartz; l'apatite, et quelques grains de minerai de fer, ceux-ci et celle-là très peu abondants.

Voici la composition chimique de la roche granitoïde à grands cristaux de mica noir :

SiO^2	53,5
Al^2O^3	20,0
Fe^2O^3	2,5
FeO	3,7
MgO	2,2
CaO	7,9
K^2O	6,2
Na^2O	1,1
H^2O	2,4
Total	99,5

L'acide titanique et l'acide phosphorique (environ 0,25 pour 100 chacun) n'ont pas été dosés.

Si l'on fait abstraction de ces deux acides, et si, écartant l'eau d'imbibition et conservant seulement l'eau du mica noir, on rapporte la composition à 100, exactement,

on obtient le Tableau suivant (la deuxième colonne renferme les quotients moléculaires, multipliés par 100) :

SiO^2	54,87	91,45
Al^2O^3	20,52	20,12
Fe^2O^3	2,57	1,61
FeO	3,81	5,29
MgO	2,25	5,62
CaO	8,10	14,46
K^2O	6,36	6,77
Na^2O	1,13	1,82
H^2O	0,39	2,17
Totaux	100,00	149,31

Cette composition correspond très sensiblement au mélange minéralogique :

Orthose	33,0
Anorthite	27,0
Albite	10,0
Biotite	10,0
Diopside	11,0
Actinote	5,0
Quartz	3,0
Apatite	0,5
Minerais de fer	0,5
Total	100,0

en supposant qu'on ait affaire à un mica très peu magnésien et, au contraire, assez ferreux, et que le diopside et l'actinote soient à peu près exempts d'alumine.

Les nombres caractéristiques, suivant la méthode de M. Osann, sont :

$$s = 61,2, \quad a = 5,2, \quad c = 6,7, \quad f = 8,1, \quad n = 2,1.$$

Les caractéristiques, suivant la méthode de M. Michel Lévy, se déduisent immédiatement de la composition centésimale exacte. En particulier, le paramètre Φ (rapport de la silice pour 100 des éléments blancs aux alcalis) est égal à 2,6.

La roche en question est une monzonite typique, assez voisine de certaines *banatites*, ou encore de certaines *tonalites*. Elle est seulement moins sodique et plus potassique que la plupart des monzonites.

Il est extrêmement probable que la série des roches tertiaires du pays de Cherchel, analogue à celle que M. Brögger a cherché autrefois à définir pour les Alpes orientales, montrera, quand elle sera étudiée dans ses détails, tous les passages entre une monzonite basique (ou peut-être une diorite) et des tonalites très quartzifères, et que la roche de Fontaine-du-

Génie apparaîtra comme une sorte de moyenne, et comme le type le plus habituel de cette série. C'est pour cela que la description un peu précise de ce type prépondérant nous a semblé présenter dès aujourd'hui quelque intérêt.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur quelques plantes wealdiennes du Pérou.* Note de M. **R. Zeiller.**

M. le Capitaine Berthon a récolté, au cours de ses explorations géologiques au Pérou, un grand nombre d'empreintes végétales dont il a bien voulu me confier l'examen, et sur quelques-unes desquelles j'ai pu faire des observations qu'il me paraît intéressant de faire connaître, en attendant une publication plus détaillée. Ces empreintes viennent des gisements wealdiens de Piñonate, près de Lima, et de la Caleta del Paraiso, dans l'île San Lorenzo, en face de Callao, gisements déjà explorés par M. Steinmann et par M. Lisson, et dont un certain nombre d'échantillons ont été décrits par M. Neumann (1).

Sans parler de quelques formes spécifiques nouvelles de Fougères et de Cycadophytes, qui seront décrites ultérieurement, je mentionnerai d'abord la présence, à Piñonate, de nombreuses pennes fertiles de Fougères appartenant à une Pécoptéridée très analogue et peut-être assimilable au *Pecopteris Browniana* Dunker; les pinnules en sont chargées de gros sporanges ovoïdes bisériés, munis d'un anneau élastique apical, tel qu'en possèdent les Schizéacées, et elles offrent ainsi tous les caractères du genre *Klukia* Raciborski, qui n'avait été observé jusqu'à présent que dans le Lias.

Les restes végétaux les plus abondants sont des fragments de pennes de Fougères bipinnées, à nervation aréolée, identifiables au *Weichselia reticulata* Stokes et Webb (sp.) (*W. Mantelli* Brongt.), si souvent rencontré dans le Wealdien; quelques-uns d'entre eux sont fertiles, ainsi que l'a déjà signalé M. Neumann, et portent, à la face inférieure de leurs pinnules, des sores arrondis, qui semblent formés de sporanges coriaces, peut-être soudés en synangium, mais dont on ne peut préciser la constitution, faute d'une conservation suffisante. A ces pennes feuillées sont associés, principalement à Piñonate, des empreintes d'axes aplatis, portant suivant leur ligne médiane, parfois un peu à droite ou à gauche de celle-ci, une série

(1) R. Neumann, *Beiträge zur Kenntniss der Kreideformation in Mittel-Peru* (*Neues Jahrb. f. Min.*, XXIV. Beilage-Bd., 1907, p. 74-87, 127-131, *Pl. I, II*).

longitudinale de petites dépressions ponctiformes, espacées de 8^{mm} à 10^{mm}, correspondant sur l'organe en relief à de petits tubercules faiblement saillants; les recherches que j'ai faites m'ont montré qu'il s'agit là de rachis de *Weichselia* ayant perdu leurs pennes de dernier ordre, conformément à ce qui a lieu chez certaines Fougères vivantes à pennes caduques; l'un de ces axes, où la file de cicatrices était exceptionnellement très rapprochée de l'un des bords, m'a offert, en effet, sur l'autre bord, des pennes encore en place munies de pinnules nettement reconnaissables pour des pinnules de *Weichselia*.

On trouve, en outre, à Piñonate des axes beaucoup plus gros, larges de 2^{cm} à 5^{cm}, munis de côtes longitudinales, qui ont été décrits par M. Neumann sous le nom d'*Equisetites Peruanus*, mais qui ne montrent jamais, quelle que soit la longueur des tronçons observés, aucune trace d'articulation transversale comme on devrait en trouver sur des tiges d'Équisétinées.

On constate, d'autre part, en examinant avec attention les échantillons les mieux conservés, que les côtes dont ils sont ornés, au lieu d'être toutes semblables comme celles des Équisétinées, sont le plus souvent de largeur inégale, les unes fortes, les autres plus fines, alternant régulièrement. Sur certains échantillons, qui semblent avoir conservé leur épiderme, ces côtes deviennent parfois presque invisibles, et la surface se montre marquée seulement de très fines stries longitudinales qui paraissent correspondre à des files de cellules allongées et toutes semblables entre elles, qu'il s'agisse de côtes ou qu'il s'agisse de sillons, contrairement à ce qui a lieu en général sur les empreintes de tiges d'Équisétinées, où le réseau cellulaire n'offre pas cette uniformité. Sur d'autres fragments, qui semblent dépouillés de leur épiderme, on voit parfois certaines côtes manquer sur une longueur variable, comme si elles avaient été arrachées, et l'on est amené à penser que ces côtes correspondent en réalité à des cordons sous-épidermiques, tels que faisceaux libéroligneux ou plus probablement faisceaux de sclérenchyme, comme on en observe chez les *Myelopteris* ou chez les *Angiopteris* associés à des canaux gommeux. Enfin, sur un autre échantillon, j'ai observé, à un niveau un peu plus bas, de très fines stries parallèles, très rapprochées, qui semblent indiquer l'existence d'une série de faisceaux grêles, à peu près contigus, situés plus profondément.

Ces diverses particularités excluent évidemment l'attribution aux Équisétinées, et l'interprétation de ces sortes de tiges demeurerait incertaine si je n'avais constaté sur les fragments de rachis portant ou ayant porté les pennes feuillées de *Weichselia*, la présence de côtes rectilignes parallèles, absolument semblables à celles des axes dont je viens de parler, et ne différant que par leur saillie moins accusée et leur moindre espacement.

Tous ces axes costulés apparaissent ainsi comme étant de même nature, c'est-à-dire comme appartenant les uns et les autres au *Weichselia reticulata*,

et représentant seulement des rachis d'ordres différents. Il y avait, dès lors, à rechercher si les tronçons d'axes les plus larges n'offriraient pas des traces de ramification, et j'ai reconnu, en effet, sur quelques-uns d'entre eux, en les dégageant sur une plus grande longueur, des cicatrices ovales, disposées deux par deux à peu près à la même hauteur, assez rapprochées l'une de l'autre, marquées de fines dépressions ponctiformes, et dont les dimensions correspondent bien à celles des rachis portant les pennes feuillées.

Les frondes du *Weichselia reticulata* devaient donc être des frondes tripinnées, à pennes primaires subopposées, et l'*Equisetites Peruanus* ne représente autre chose que des tronçons de leurs rachis primaires. On ne peut, sans doute, d'après les empreintes que j'ai eues en mains, préciser définitivement les affinités de cette Fougère, mais la costulation des rachis de divers ordres, indiquant l'existence de faisceaux hypodermiques parallèles régulièrement répartis, donne à penser qu'il pourrait bien s'agir là d'une Marattiacée, et l'apparence coriace que semblent avoir eue les sores viendrait à l'appui de cette attribution. Des échantillons mieux conservés, permettant de se rendre un compte exact de la constitution de l'appareil fructificateur, pourraient seuls trancher la question, mais, à leur défaut, il m'a paru que les renseignements nouveaux fournis sur cette espèce par les récoltes de M. le Capitaine Berthon méritaient d'être signalés.

M. Carpentier présente à l'Académie un *appareil respiratoire destiné au sauvetage des hommes composant l'équipage d'un sous-marin sinistré*. Cet appareil, dont la réalisation a eu comme point de départ les travaux de M. *George-F. Jaubert*, a été mis au point en Angleterre où l'Amirauté l'a adopté et l'a rendu réglementaire. L'existence de cet engin a déjà été signalée l'année dernière; mais c'est la première fois qu'en est montré en France un exemplaire muni d'ailleurs des derniers perfectionnements tout récents.

L'appareil se compose essentiellement de deux parties :

1° D'un vêtement à manche en tissu caoutchouté spécial tout à fait imperméable, descendant jusqu'à la ceinture autour de laquelle il se serre, et complété par un casque métallique très léger recouvert d'un tissu également caoutchouté;

2° D'un appareil purificateur d'air, garni d'oxylithe Jaubert, disposé à l'intérieur du vêtement sur la poitrine de l'homme qui en fait usage, et permettant à celui-ci de vivre pendant 1 heure dans l'enceinte confinée où il se trouve enfermé.

L'appareil constitue comme un scaphandre indépendant de toute source d'oxygène extérieure. Il donne à l'homme qui a été entraîné au fond de

l'eau, non seulement le moyen de respirer, mais encore de remonter à la surface, grâce au pouvoir ascensionnel de l'espèce de vessie qu'il constitue.

Un sous-marin étant muni de casques respiratoires en nombre au moins égal à celui des hommes, la manœuvre à exécuter en cas de sinistre est la suivante : A la première alerte, chaque homme revêt son casque (dans les sous-marins anglais, un aménagement spécial tend à assurer la possibilité de procéder à cette opération même dans les cas les plus foudroyants). Tout le monde étant équipé, on fait l'ouverture du capot et par cette issue chaque homme passe successivement pour gagner la surface de la mer. Là chaque homme peut surnager en attendant du secours. Afin de prolonger la flottaison, l'engin comporte un dispositif simple et efficace. Le vêtement est à double enveloppe et entre elles, grâce à un ajustage spécial, l'homme peut insuffler de l'air avec sa bouche et s'entourer d'une bouée de soutien. Les choses étant ainsi, il ouvre la fenêtre vitrée dont le casque est muni, et respire désormais à l'air libre sans avoir plus à utiliser le purificateur.

M. **Bouchard**, à propos de la présentation de M. *Carpentier*, prend la parole pour rappeler à l'Académie les travaux qu'effectuèrent jadis les Drs Desgrez et Balthazard sur la régénération de l'air confiné par le bioxyde de sodium. Plusieurs Notes insérées aux *Comptes rendus* (6 février 1899, 13 août 1900, 12 novembre 1900, 11 novembre 1901) témoignent des résultats que ces savants obtinrent alors, résultats qui les conduisirent à l'établissement d'un vêtement de scaphandrier, dont celui qui est en usage dans la marine anglaise paraît ne différer que par de simples détails.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Agassiz*.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre trois Membres choisis dans la Division des Sciences mathématiques et trois Membres choisis dans la Division des Sciences physiques.

MM. **Darboux**, **Lippmann**, **B. Baillaud**, pour les Sciences mathématiques; **Ph. van Tieghem**, **Armand Gautier**, **Edmond Perrier**, pour les Sciences physiques, réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. A. **Mosso**, Correspondant de l'Académie, rappelle que la France peut disposer de deux places d'études sur le sommet du *Mont Rose* et dans les laboratoires du *Col d'Olen*, pour les recherches de Botanique, de Bactériologie, de Zoologie, de Physiologie, de Physique terrestre et de Météorologie.

Les demandes pour l'occupation des places doivent être adressées au Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.

M. **Jean Pérez**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. **Barbillion**, **Stéphane Javelle** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le fascicule 5, Tome I [*Malvacées* (fin), *Sterculiacées et Tiliacées*, par F. Gagnepain] de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de M. H. Lecomte. (Présenté par M. Mangin.)

2° *Pathologie et traitement du diabète sucré*, par M. F.-W. Pavy. (Présenté par M. Bouchard.)

ASTRONOMIE. — *Sur les apparences de la comète de Halley.* Note de MM. **Luizet** et **J. Guillaume**.

Du 13 décembre 1909 aux premiers jours de février 1910, la comète de Halley a conservé l'aspect d'une nébulosité sensiblement circulaire présentant une condensation centrale bien accusée; l'éclat de cette condensation a été noté, lors de la première observation, comme étant comparable à celui d'une étoile de 11e grandeur, et fin février on l'estimait de grandeur 8e, 9e.

Le 1er et le 3 mars, le diamètre de la nébulosité est d'environ 1′; le noyau paraît excentrique à l'intérieur de la chevelure qui montre un faible allongement dans l'angle de position 330°; avec un très faible grossissement, on entrevoit une queue, terminée en pointe, de 3′ à 4′ de longueur.

Le 8 mars, le noyau, dont l'éclat est estimé de 8e grandeur, est allongé dans le sens perpendiculaire à l'axe de la comète.

Le 23 avril, la comète, vue à l'œil nu, a une queue d'environ 1° de longueur, et l'éclat total de la tête est comparable à celui d'une étoile de 2e à 3e grandeur. La queue est évasée, son axe dirigé vers l'angle de position 337°, et le côté austral est plus brillant et plus long que le côté boréal. Le diamètre apparent du noyau est de 4″ environ. La comète s'éteint, dans l'éclairement de l'aurore, très peu avant l'étoile B. D. + 7°,5097 (8,1 minutes).

Le 27 avril, à l'œil nu, la comète a un éclat comparable à celui de γ Pégase (2,8 gr.); la queue, longue de 1°30′ environ, est rectiligne et présente deux nervures. La comète disparaît dans la lumière du jour 1 minute 30 secondes après l'étoile B.D. + 7°,5097 (8,1 minutes) et 5 minutes 30 secondes avant l'étoile B.D. + 7°,5101 (7,0 gr.). Le diamètre du noyau est d'environ 6″.

Le 30 avril, il semble y avoir, à l'avant du noyau, une projection de matière lumineuse qui se recourbe ensuite vers l'arrière; cette projection est plus abondante au Sud-Est; il en résulte que la branche australe de la queue est mieux marquée et plus longue que l'autre. A l'œil nu, la comète brille comme une étoile de 2e à 2,5 gr.; la queue rectiligne, orientée vers 358°, a environ 4° de longueur.

Les 1er et 2 mai, la comète a été vue dans des éclaircies; son aspect était peu différent de celui du 30 avril; toutefois, le 2, la chevelure semblait un peu plus brillante au Nord-Est, et le noyau était sensiblement circulaire.

Le 4 mai, la queue, orientée vers 350°, a une longueur de 10° et une largeur de 6′. L'éclat de la tête est intermédiaire entre celui de γ et α Pégase. Le noyau est circulaire; il s'en détache à l'avant trois aigrettes tournant leur concavité vers l'arrière de la comète, la plus australe étant la plus longue et la plus brillante.

Le 13 mai, la queue est rectiligne et visible sur une longueur de 41°; sa largeur à l'extrémité est de 2° à 3°, et son intensité est comparable à celle de la Voie lactée dans la région de l'Écu de Sobieski. Le diamètre de la tête est d'environ 12′ et celui du noyau de 6″. On remarque deux aigrettes recourbées tournant leur concavité vers la queue, l'aigrette australe est la plus longue et la plus intense.

Le 14 mai, la queue est plus longue que la veille (nuages). Du noyau, très aplati, partent deux aigrettes rectilignes dans une nébulosité qui est plus développée et plus brillante au Sud-Est qu'ailleurs.

Le 15 mai, à 14^h15^m (t. m. Paris), la tête de la comète est encore sous l'horizon, mais la queue, tout à fait rectiligne, est visible jusqu'aux $\frac{2}{3}$ environ de la distance entre ε Pégase et θ Aigle, soit sur une longueur, comptée à partir du noyau, de 85° environ. Son bord Nord passe sur l'étoile θ Pégase, et sa largeur vers cette étoile est alors sensiblement la moitié de l'intervalle entre θ Pégase et α Verseau, soit 3° à 4°. La lueur du jour fait disparaître la queue à 14^h55^m. Le noyau a environ 10″ de diamètre; il en part deux aigrettes affectant la forme d'un papillon, leur concavité étant tournée vers le Soleil. L'aigrette australe est, comme les jours précédents,

plus longue et plus brillante que l'autre. Le noyau est aplati dans un sens perpendiculaire à celui du 14.

Le 21 mai, la Lune empêche de voir la queue de la comète. La tête est comparable à une étoile de première grandeur, vue au travers d'un voile de cirrus. Deux aigrettes à peu près rectilignes et sensiblement opposées l'une à l'autre, partent du noyau; celle du Sud-Est toujours plus marquée que l'autre.

Le 24 mai, la tête est aussi apparente qu'une étoile de grandeur 1,5 à 2; malgré la Lune, on voit une queue de 5° environ. Le noyau a un diamètre de 2″,5; il s'en détache deux aigrettes très simples, tournant leur concavité vers la queue de la comète; celle du Sud est la plus longue et la plus brillante.

Le 26 mai, la queue a une longueur d'environ 10° (nuages). Des projections lumineuses partent à l'avant du noyau, s'étalent dans un angle de 120° environ d'ouverture et donnent à l'avant de la tête l'aspect de la flamme d'un bec de gaz dit *papillon*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations sur le passage de la comète de Halley, à l'Observatoire de l'Èbre* (*Espagne*). Note de MM. **P. Cirera** et **Ubach**, présentée par M. H. Deslandres.

L'Observatoire de l'Èbre, outillé pour les observations de Physique cosmique, a porté surtout son attention sur les phénomènes électriques et magnétiques.

L'ionisation atmosphérique est observé régulièrement tous les jours entre $10^h 30^m$ et $11^h 30^m$ du matin. On détermine le coefficient de dispersion électrique par l'appareil d'Elster et Geitel, et le nombre d'ions, leur vitesse relative et la conductibilité électrique par l'appareil de Gerdien, type primitif. 6 jours avant et 6 jours après le passage de la comète entre le Soleil et la Terre on a fait le soir une autre détermination du coefficient de dispersion. Le potentiel électrique de l'air a été enregistré continuellement, et l'on a déduit des courbes photographiques la valeur correspondant aux observations d'ionisation. Nous ne donnerons pas ici le Tableau complet des résultats, ce serait trop long; mais seulement les valeurs moyennes. Soient M la valeur moyenne des 13 jours (du 11 au 26 inclusivement, excepté les 16, 18 et 20, à cause de l'humidité), m_1 la moyenne des 6 jours avant et m_2 celle des 6 jours après le passage de la comète; a_+ et a_- les coefficients de dispersion positif et négatif. Nous avons :

	Conductibilité.	Mobilité.		Nombre d'ions.		$q = \frac{a_-}{a_+}$.		Potentiel $\frac{V}{m}$.	
						Matin.	Soir.	Matin.	Soir.
M.....	2,79	+1,18	−1,17	+1250	−1090	1,00	1,14	106	105
m_1....	3,12	+1,23	−1,2	+1360	−1170	1,02	1,13	92	81
m_2...	2,40	+1,17	−1,2	+1030	− 910	1,00	1,11	138	159
19 mai.	3,26	+0,9	−0,8	+1920	−1680	0,89	1,36	90	63

Le 19, à l'heure de l'observation, a fonctionné fréquemment l'enregistreur de tempêtes : pression barométrique 748^{mm}, température $18^{o},2$, humidité relative 70, ciel couvert et vent presque calme, l'air assez transparent.

On voit que les résultats obtenus le 19 sont assez extraordinaires : conductibilité forte, mobilité petite, et le nombre d'ions remarquable; c'est le maximum de la période considérée pour les deux signes. Le potentiel donné en valeurs absolues volts à 1^{m} du sol, accuse une valeur assez petite.

Les conditions atmosphériques ont été mauvaises en général pendant la période considérée. La pluie a été abondante le 18 (77^{mm}) ; le 19 nuageux, heures de soleil 4,5, et $1^{mm},3$ d'eau tombée. Il a plu encore les 21, 22, 23, 25, 26; de sorte qu'il faut remonter jusqu'aux années 1894-1895 pour trouver un mois de mai aussi pluvieux que celui de 1910. Mais il faut remarquer que cette période de pluie a commencé avant le passage de la comète. Les 13, 14 et 16 on a recueilli 25^{mm} d'eau.

Pour le magnétisme terrestre et courants telluriques on a enregistré une perturbation peu intense.

Elle a commencé le 18 à midi et a fini le 19 à $16^{h}45^{m}$ assez brusquement. Cependant on a encore enregistré quelques ondes très légères jusqu'à 21^{h}.

Le 18 on remarque trois périodes de perturbation : (*a*) de 12^{h} à 16^{h}, la composante H atteint le maximum de variation (65^{γ}); (*b*) de 20^{h} à 21^{h} et (*c*) de $23^{h}30^{m}$ à 24^{h}. Dans cette période il faut remarquer les pulsations qui ont eu lieu à $23^{h}30^{m}$ et à $23^{h}45^{m}$ dans tous les éléments magnétiques et dans les deux courants telluriques.

Le 19 il y a quatre périodes de perturbation : (*a*) de $0^{h}45^{m}$ à $2^{h}30^{m}$, c'est le maximum pour D (— 45) ; (*b*) de $3^{h}30^{m}$ à $10^{h}30^{m}$; (*c*) de $10^{h}30^{m}$ à $12^{h}5^{m}$, pendant cette période, les cinq courbes, trois magnétiques et deux des courants telluriques, sont fortement dentelées; (*d*) de $16^{h}30^{m}$ à $16^{h}45^{m}$; dans cette courte période il y a eu une onde brusque dans les cinq courbes, c'est le maximum de perturbation pour Z; pour le courant tellurique NS la variation a été de 65 milliv : km; pour celui de WE de 7 milliv : km.

Entre ces périodes d'agitation, il en faut noter deux de calme presque absolu : le 18 de 21^{h} à $23^{h}30^{m}$ et le 19 de $2^{h}30^{m}$ à $3^{h}30^{m}$.

Dans cette perturbation, comme d'ordinaire, les mouvements sont plus forts dans les courants telluriques, surtout dans celui dirigé NS suivant le méridien magnétique : c'est ce qui facilite beaucoup l'étude des perturbations peu intenses.

Il peut se faire que le passage de la comète n'ait pas exercé quelque action sur la perturbation qui nous occupe; mais il nous semble prématuré de nous prononcer d'une manière définitive.

ASTRONOMIE. — *Sur la comète de Halley*. Note de M. **J. Comas Solà**, présentée par M. Bigourdan.

Le 31 mai dernier, pendant que je faisais une photographie de la comète de Halley, à l'équatorial double de 38^{cm} de l'Observatoire Fabra, je remarquai une bouffée très brillante à 1′ environ du noyau, et placée juste à l'opposé du Soleil. Le cliché (83 minutes de pose) montra une grande projection de gaz à 1 million de kilomètres environ du noyau.

Le 1er juin, le ciel était brumeux; cependant, je fis une photographie de 30 minutes de pose, qui révéla un rayon très vif sortant du noyau. Visuellement, à l'équatorial, la bouffée était invisible. Mais, le 2 juin, par un ciel très pur, je vis de nouveau la bouffée à peu près à la même distance du noyau et dans la même position que le 31 mai; elle était très brillante, et, ce qui est plus important encore, elle avait une condensation stellaire en son centre; autrement dit, le noyau était double. Du noyau principal au noyau secondaire, il y avait, le 2 juin, une distance de 40″, et son angle de position correspondait sensiblement à celui de la queue, à l'opposé du Soleil. La différence globale de grandeur des deux noyaux pourrait être de 3 magnitudes.

Enfin, les deux noyaux étaient liés par une traînée nébuleuse très visible où, dans les meilleurs instants, on croyait voir un alignement de très faibles points stellaires, dont l'existence toutefois n'est pas bien sûre, à cause de la grande difficulté de l'observation. Le cliché de ce jour (pose 90 minutes) montre, à part d'autres détails très intéressants, une longue aigrette sortant du noyau et suivant la ligne moyenne de la queue.

Le 4 juin, le noyau secondaire du 2 fut invisible, mais le noyau principal de la comète était accompagné d'un amas de quatre condensations secondaires s'éloignant rapidement : en 1 heure 50 minutes, la principale se déplaça sous nos yeux de 5″,9, dans l'angle de position de 123°23′, qui est celui même de la queue.

ASTRONOMIE. — *Sur la comète de Halley*. Note de M. **Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie une Note sur quelques changements survenus dans l'aspect de la comète de Halley. Le plus remar-

quable de ces changements, qui rappelle les phénomènes de désagrégation déjà constatés dans plusieurs comètes, a été observé le 2 juin dernier.

A cette date, la comète se montrait, dans l'équatorial de la tour de l'Est de $0^m,38$ d'ouverture, de l'Observatoire de Paris, nettement dédoublée. Les deux tronçons, comportant chacun une nébulosité à peu près ronde, avec, au centre, un noyau bien défini, ne se différenciaient que par l'éclat. Le plus faible, de 10e grandeur environ, passait après et au-dessus dans le champ de la lunette. Voici le résultat des mesures différentielles faites sur les deux noyaux :

Temps moyen de Paris.	Premier noyau-Deuxième noyau.	
$10^h 9^m 0^s$	$1^s,64$	$8'',1$

Le mauvais temps ne permit pas de revoir la comète le lendemain. Les 4 et 5 juin des mesures de position purent être effectuées au travers des brumes et la comète nous apparut simple. En dépit du très mauvais état du ciel, nous croyons, par induction sur l'éclat relatif des deux tronçons, qu'il en est réellement ainsi, et que le tronçon le plus faible n'existe plus (dans le voisinage immédiat de la comète tout au moins).

Une autre particularité, moins récente, mais digne d'être signalée, est l'aspect stellaire pris rapidement ces jours-ci par le noyau. Avant son passage sur le Soleil, fin avril et commencement de mai, le noyau offrait une surface de forme sensiblement elliptique, mesurant de $4''$ à $4'',5$ de grand axe. Depuis le 24 mai, le noyau n'est plus qu'un point s'effaçant de jour en jour. Enfin, ajoutons que ni M. Chatelu, observant à l'équatorial de l'Ouest, ni moi, observant à l'équatorial de l'Est, qui mesurons la comète tous les soirs de beau temps depuis le mois d'octobre 1909, n'avons jamais perçu une trace de queue, vraisemblablement à cause des mauvaises conditions atmosphériques de ces derniers mois à Paris.

ASTRONOMIE. — *Photographie de la comète de Halley*. Note de M. **Jean Mascart**, présentée par M. B. Baillaud.

Sous les auspices de l'Association internationale contre la Tuberculose, dont le Président est M. Léon Bourgeois, le Secrétaire général honoraire de cette Association, Professeur Pannwitz, a organisé une Mission scientifique dans l'île de Tenerife. Le programme de l'expédition était très large et comportait l'étude de toutes les radiations qui traversent l'atmosphère terrestre : bien entendu, la plus grande part des recherches dépendait d'un ordre physiologique, mais, comme l'occasion était favorable, on a bien voulu

nous demander de venir étudier la comète de Halley dans une station de montagne et rechercher si les conditions climatériques de l'île se prêteraient à des observations régulières, soit au point de vue météorologique, soit au point de vue physique et astronomique.

Sur la demande de M. le Commandant Guyou, le Bureau des Longitudes voulut bien nous prêter un pied équatorial sur lequel nous devions monter un instrument de $0^m,22$ visuel photographique, mis à notre disposition par la maison Mailhat; MM. de la Baume-Pluvinel, Jobin et Viennet nous avaient prêté le nécessaire pour faire de la spectroscopie photographique; un amateur éclairé, M. le Comte Boselli, nous avait confié un réfracto-réflecteur de $0^m,135$; enfin, grâce à M. Quénisset, nous pûmes encore faire des photographies de la queue avec un objectif à portraits de 34° de champ.

Nous avions établi un campement sur le mont Guajara, à 2715^m d'altitude, sommet le plus élevé du massif après le Pico de Teide, sur l'emplacement même où Piazzi Smith vint faire ses remarquables études spectroscopiques en 1858. Le lieu est particulièrement favorable : placé au-dessus des nuages normaux de l'île, on a partout à sa disposition l'horizon de la mer, sauf un peu au NE vers le pic principal; on voit le Soleil de son lever à son coucher; il est fort rare que les cirrus viennent entraver les observations, soit le jour, soit la nuit. Durant deux mois, par exemple, les nuages nous ont caché le ciel *une seule fois;* le vent, il est vrai, nous a empêchés plusieurs fois d'utiliser les instruments en plein air.

Mais, d'autre part, le régime météorologique est très loin de celui dont les ouvrages classiques nous donnent la description : la sécheresse extrême entraîne des exigences, et le nombre des travaux qui pourraient être utilement tentés en ce point est tel que nous en ferons l'exposé ailleurs. Comme observations astronomiques, nous avons fait des observations de très belles lueurs zodiacales, des dessins de la surface de Jupiter, des dessins de la tête de la comète, des photographies de la tête et de la queue : nous rapportons environ 70 photographies utilisables. Pour les mesures visuelles de la longueur de la queue, nous avons noté 110° le 16 mai; pendant plusieurs jours, l'éclat *apparent* fut supérieur à celui de Vénus.

Par suite de circonstances indépendantes de notre volonté, nous n'avons pu utiliser le spectroscope et notre équatorial a dû rester avec une orientation défectueuse, d'où il résulte que, sur les photographies, les traces des étoiles sont circulaires au lieu d'être rectilignes : ce point est négligeable pour les photographies de la tête et, en tout cas, l'erreur de second ordre correspondante n'empêche pas l'utilisation scientifique de nos documents.

Nous allons nous borner ici aux observations effectuées dans la nuit du 18 au 19 mai, nuit du passage dans la queue.

$8^h 10^m$ (temps local). Lumière zodiacale faible, jusqu'à 40° environ.

La Lune a une couronne peu prononcée qu'elle va conserver toute la nuit.

$9^h 20^m$. Lumière zodiacale, 30° de hauteur environ.

$10^h 37^m$. La lumière zodiacale disparaît.

$12^h 47^m$. La scintillation des étoiles a beaucoup diminué.

3^h. La Lune est couchée; nuit splendide, voie lactée très distincte. Lumière zodiacale *étonnante*, inclinée à 58° sur l'horizon (elle est rarement aussi inclinée) montant jusqu'au zénith. Nuit complètement calme. Deux météores lumineux, les premiers de la nuit : l'un tombant vers l'Est, l'autre sillonnant le ciel du Sud au Nord; depuis quelques jours il paraît y avoir une diminution dans le nombre des étoiles filantes.

$3^h 37^m$. La même lumière zodiacale *très* intense : largeur en bas, à l'horizon, 10°; 11° à 12° lors de la plus grande largeur, vers 20° au-dessus de l'horizon.

$3^h 49^m$. L'Est commence à blanchir : la lumière zodiacale est peut-être encore devenue plus distincte.

$4^h 20^m$. La lumière zodiacale disparaît dans le crépuscule. On voit encore tomber un météore vers l'Ouest.

Les phénomènes du crépuscule ne présentent rien d'anormal. La *marche* de la température (courbe d'enregistreur) tout aussi peu : la nuit a été moins froide que les précédentes, minimum $+3°,5$ contre 1° à 2° habituels.

En bas, à Orotava, ciel demi nuageux : rien de particulier au ciel.

Toujours sur le mont Quajara, état du vent dans l'échelle de 12° : $9^h 20^m$, W 2 à 3; $10^h 40^m$, W 2 à 3; $11^h 40^m$, SW 2; $12^h 50^m$, N 1; $1^h 50^m$, 2^h, S 2 à 3; SW 3; $3^h 10$, 0.

Somme toute, à part une *très belle* lumière zodiacale du matin, il ne s'est produit aucun phénomène spécial.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Valeurs singulières d'une équation de Fredholm.* Note de M. **Joseph Marty**, présentée par M. Émile Picard.

I. Soit $H(x, y)$ une fonction bornée et intégrable, et considérons les deux équations intégrales associées

$$\varphi(x) - \lambda \int H(x, y)\,\varphi(y)\,dy = 0, \tag{1}$$

$$\psi(x) - \lambda \int H(y, x)\,\psi(y)\,dy = 0. \tag{2}$$

Je supposerai que toutes les valeurs singulières sont réelles et pôles simples pour la résolvante de Fredholm.

On pourra alors (¹) déterminer un système biorthogonal de fonctions fondamentales correspondant aux valeurs singulières $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$:

$$\begin{matrix} \varphi_1, & \varphi_2, & \ldots, & \varphi_n, & \ldots, \\ \psi_1, & \psi_2, & \ldots, & \psi_n, & \ldots, \end{matrix} \qquad \int \varphi_p(x)\,\psi_q(x)\,dx \begin{cases} = 0, & p \neq q, \\ \neq 0, & p = q, \end{cases}$$

(¹) Cf. Goursat, *Annales de Toulouse*, 1908, p. 78.

les φ étant solutions de (1), les ψ de (2). Considérons alors la fonction

$$K(x, y) = \sum \frac{\psi_p(x)\,\psi_p(y)}{\mu_p},$$

les μ étant des constantes positives assujetties à la seule condition que la série converge uniformément. Or, on aura

$$G(x, y) = \int K(x, z)\,H(z, y)\,dz = \sum \frac{\psi_p(x)\,\psi_p(y)}{\mu_p \lambda_p}$$

et

$$\int K(x, z)\,\varphi_p(z)\,dz = \frac{\psi_p(x) \int \varphi_p(z)\,\psi_p(z)\,dz}{\mu_p} \neq 0.$$

Donc on peut *d'une infinité de manières trouver une fonction* $K(x, y)$, *symétrique, définie, telle que* $G(x, y)$ *soit symétrique et qu'aucune solution de* (1) *ne soit orthogonale à* $K(x, y)$.

Ce résultat, rapproché de ceux de ma Note [1] du 25 avril, montre que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une équation intégrale n'ait que des pôles réels et simples est l'existence d'une pareille fonction $K(x, y)$.

La méthode de Schwarz [qu'on peut appliquer si l'on connaît directement une fonction $K(x, y)$] donne une valeur singulière ; or, soit λ_1 cette valeur singulière; on peut lui faire correspondre un système biorthogonal *normé* de fonctions fondamentales et écrire

$$H(x, y) = \frac{1}{\lambda_1} \sum_1^{n_1} \varphi_p(x)\,\psi_p(y) + R(x, y),$$

le premier terme du second membre étant le *noyau principal* $h_1(x, y)$ correspondant à λ_1. On aura, $H_n(x, y)$ étant le $n^{\text{ième}}$ noyau itéré,

$$H_n(x, y) = \frac{1}{\lambda_1^n} \sum_1^{n_1} \varphi_p(x)\,\psi_p(y) + R_n(x, y)$$

---

(1) Le procédé par lequel j'avais cru pouvoir me passer de l'hypothèse $K(x, y)$ définie est inexact ; il faut supprimer les trois lignes où il est question de $G'(x, y)$ et les sept dernières lignes. J'indiquerai ici un autre exemple :

3° $$H(x, y) = \int A(x, z)\,R(z, y)\,dz,$$

$A(x, y)$ étant symétrique; $R(x, y)$, comme dans les précédents exemples, symétrique et définie. On peut prendre

$$K(x, y) = R(x, y).$$

et l'on voit que

$$\lambda_1^n \int \mathrm{K}(x, z)\, \mathrm{H}_n(z, y)\, dz = \sum_1^{n_1} \psi_p(y) \int \mathrm{K}(x, z)\, \varphi_p(z)\, dz + \lambda_1^n \int \mathrm{K}(x, z)\, \mathrm{R}_n(z, y)\, dz;$$

on en déduit ([1]) que le dernier terme tend uniformément vers zéro quand n augmente indéfiniment, ce qui montre que la limite du premier membre est

$$x_1 \int \mathrm{K}(x, z)\, h_1(z, y)\, dz,$$

et aussi que λ_1 est la plus petite valeur singulière. Il suffit alors d'appliquer de nouveau la méthode à $\mathrm{R}(x, y)$; les constantes qui y figurent s'expriment en fonction des constantes relatives à H, et l'on peut ainsi successivement calculer toutes les valeurs. On trouve ([2])

$$\lambda_{p+1} = \lim_{n=\infty} \frac{\mathrm{U}_{n+1} - \dfrac{\mathrm{K}_1}{\lambda_1^{n+1}} - \ldots - \dfrac{\mathrm{K}_p}{\lambda_p^{n+1}}}{\mathrm{U}_n - \dfrac{\mathrm{K}_1}{\lambda_1^n} - \ldots - \dfrac{\mathrm{K}_p}{\lambda_p^n}}$$

avec

$$\mathrm{K}_p = \lim_{n=\infty} \left(\mathrm{U}_n - \frac{\mathrm{K}_1}{\lambda_1^n} - \ldots - \frac{\mathrm{K}_{p-1}}{\lambda_{p-1}^n} \right) \lambda_p^n.$$

II. Reprenons l'équation (1) avec, sur les valeurs singulières, des hypothèses moins restrictives [elles peuvent être réelles ou imaginaires; $\mathrm{H}(x, y)$ lui-même peut être égal à $\mathrm{P}(x, y) + i\,\mathrm{Q}(x, y)$]; supposons le noyau mis sous la forme

$$\mathrm{H}(x, y) = \sum_{k=1}^{n} \frac{[u_k(x) + i v_k(x)][u_k(y) - i v_k(y)]}{\lambda_k} + \mathrm{R}(x, y),$$

$u_p(x) + i v_p(x)$ étant une solution singulière correspondant à λ_p pour le noyau

$$\mathrm{H}(x, y) - \sum_{k=1}^{p-1} \frac{[u_k(x) + i v_k(x)][u_k(y) - i v_k(y)]}{\lambda_k}$$

([1]) Je suppose, pour plus de simplicité, que $\mathrm{H}(x, y)$ désigne le premier noyau itéré.

([2]) Dans le cas du noyau symétrique, ces formules ne diffèrent pas de celles que Kneser (*Palermo Rendiconti*, t. XXII, 1906) établit par des considérations empruntées à la théorie des fonctions.

choisie de telle sorte que

$$\int [u_p^2(x) + v_p^2(x)]\, dx = 1.$$

On aura alors

$$\int |\mathrm{R}(x, y)|^2 d(x, y) = \int |\mathrm{H}(x, y)|^2 d(x, y) - \sum \frac{1}{|\lambda_p|^2}.$$

En considérant des combinaisons linéaires des fonctions $u_p(x) + i\, v_p(x)$, on montre aisément que les λ ne sont autres que des valeurs singulières pour (1) et, comme je le montrerai ultérieurement, on peut déduire de là un certain nombre de propriétés des fonctions principales (Goursat).

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le classement d'un système de Tableaux équivalents entre eux.* Note de M. **A. Chatelet**, présentée par M. Émile Picard.

I. Je me propose de montrer comment on peut classer un système de Tableaux équivalents entre eux et par suite équivalents à l'un d'eux A. Suivant une notation de Ch. Hermite, j'appellerai *réduit principal* (¹) tout Tableau

$$\mathrm{T} = \begin{matrix} \alpha & \alpha' \\ \beta & \beta' \end{matrix},$$

équivalent à A et satisfaisant aux inégalités

$$(1) \qquad \alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1, \qquad -1 < \frac{\alpha'}{\beta'} < 0.$$

Dans la Note citée, j'ai montré comment on pouvait ranger ces Tableaux en une suite. Étant donnés alors deux Tableaux réduits principaux successifs, T_n et T_{n+1}, liés par une égalité de la forme

$$\mathrm{T}_n = \begin{matrix} p & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times \mathrm{T}_{n+1},$$

dans le cas où p est supérieur à 1, j'appellerai conformément à une nota-

(¹) Ce sont les Tableaux que j'avais appelés simplement *réduits* dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 28 juin 1909).

tion de Serret *réduit intermédiaire* un Tableau $T^{(k)}_{n+1}$ défini par l'égalité

$$T_n = \begin{matrix} 1 & k \\ 0 & 1 \end{matrix} \times T^{(k)}_{n+1} \qquad (k < p),$$

ou l'égalité équivalente

$$T^{(k)}_{n+1} = \begin{matrix} p-k & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times T_{n+1}.$$

Ses termes vérifient le système d'inégalités

$$(2) \qquad \alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1, \qquad \frac{\alpha'}{\beta'} < -1.$$

En intercalant les nouveaux Tableaux dans la suite déjà définie, on obtient ce qu'on peut appeler la *suite complète* des réduites. Deux Tableaux consécutifs T et T′ de cette suite sont liés par une des égalités

$$T = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{matrix} \times T' \qquad \text{ou} \qquad T = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times T',$$

suivant que T′ est intermédiaire ou principal.

Dans l'un ou l'autre cas, ils ont toujours une ligne commune, et je désignerai par *semi-réduit* le Tableau formé par les deux lignes non communes. Les termes d'un tel Tableau vérifient le système d'inégalités

$$(3) \qquad \alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1, \qquad 0 < \frac{\alpha'}{\beta'} < 1,$$

et il est lié au Tableau réduit suivant par l'une des égalités

$$\Theta = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times T' \qquad \text{ou} \qquad \Theta = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{matrix} \times T',$$

suivant que T′ est intermédiaire ou principal.

Enfin, de chaque Tableau semi-réduit Θ, on peut déduire une suite de Tableaux non réduits U_n par l'égalité

$$U_n = \begin{matrix} 1 & n \\ 0 & 1 \end{matrix} \times \Theta = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}^n \times \Theta,$$

n prenant toutes les valeurs entières positives successives. De chaque U_n ou de Θ, on peut déduire une nouvelle suite $U_{n,p}$ ou $U_{0,p}$ par l'égalité

$$U_{n,p} = \begin{matrix} p & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times U_n = \begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}^{p-1} \times U_n,$$

et ainsi de suite. Les termes de tout Tableau U ainsi obtenu vérifient le système d'inégalités

$$(4) \qquad \alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1, \qquad \frac{\alpha'}{\beta'} > 1.$$

II. On vérifie aisément que tous les Tableaux T, Θ, U ainsi obtenus sont tous différents, équivalents à A et par suite équivalents entre eux.

Réciproquement, étant donné un Tableau équivalent à A, en le multipliant au besoin à gauche par l'un des Tableaux

$$\begin{matrix} \pm 1 & 0 \\ 0 & \pm 1 \end{matrix}, \qquad \begin{matrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix},$$

on peut amener les termes de sa première colonne à vérifier les inégalités

$$\alpha > 0, \qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1.$$

Il appartient alors à l'une des classes précédemment définies, suivant que ses termes satisfont aux inégalités (1), (2), (3) ou (4).

III. Ce classement des Tableaux équivalents à A n'est pas purement arbitraire. J'ai signalé précédemment des propriétés des *réduites principales* (*loc. cit.*); on peut de même indiquer des propriétés de la *suite complète des réduites*. Si l'on considère la *suite des formes indéfinies réduites* (par la méthode d'Hermite) $(\alpha x + \beta y)(\alpha' x + \beta' y)$ équivalentes à une forme $(ax + by)(a'x + b'y)$, la *suite des Tableaux*

$$\begin{matrix} \alpha & \alpha' \\ \beta & \beta' \end{matrix}$$

est la suite complète des réduites équivalentes à

$$A = \begin{matrix} a & a' \\ b & b' \end{matrix},$$

à la condition d'y intercaler, s'il y a lieu, certains Tableaux semi-réduits. Il n'y aura jamais lieu de faire cette addition qu'entre deux réduites principales consécutives, et seulement lorsque la ligne commune aux deux réduites ne donne pas un minimum de la forme $\frac{1}{\lambda}\xi^2 + \lambda\eta^2$.

IV. Dans le cas où $\frac{a}{b}$, $\frac{a'}{b'}$ sont des irrationnelles conjuguées réelles du second degré, tous les Tableaux équivalents à A peuvent être obtenus à

partir d'un nombre fini de Tableaux réduits et des Tableaux semi-réduits et non réduits qu'on en déduit en multipliant tous les termes de la première colonne et en divisant les termes de la seconde par λ^n, n prenant toutes les valeurs entières positives ou négatives et λ étant une unité du corps quadratique contenant $\frac{a}{b}$, $\frac{a'}{b'}$. La formation de la suite des réduites constitue, par conséquent, une méthode de calcul de ces unités. Dans le cas particulier

$$\frac{a}{b} = \frac{1+\sqrt{5}}{2}, \qquad \frac{a}{b} = \frac{1-\sqrt{5}}{2},$$

il n'y a pas de réduites intermédiaires, et tous les Tableaux équivalents sont obtenus à partir d'un seul Tableau réduit principal.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les propriétés des lignes cantoriennes.* Note de M. **L. Zoretti**, présentée par M. Appell.

Je me propose dans un prochain Mémoire de tirer de la définition cantorienne de ligne une théorie aussi complète et aussi géométrique que possible. Je rattache cette définition aux postulats de la Géométrie et parviens ainsi à des définitions et des propriétés précises relativement aux lignes fermées, aux tangentes, etc. J'indique dès aujourd'hui quelques-uns des résultats que j'ai ainsi obtenus.

C'est la notion de ligne irréductible (1) qui joue dans cette étude le rôle le plus important. Il est donc bon de démontrer d'abord que, étant donnés deux points a et b d'un ensemble continu quelconque, on peut trouver une portion de l'ensemble qui soit entre a et b un continu irréductible (2).

L'importance des ensembles continus irréductibles (plus généraux, remarquons-le, que les lignes simples de M. Jordan) tient à ce qu'on peut sur un tel ensemble définir un ordre de succession des points, parler de *l'arc* qui joint deux points. C'est l'ensemble continu irréductible qui me paraît le plus conforme à la notion vulgaire de ligne.

J'appelle ligne simple *fermée* l'ensemble de deux continus irréductibles entre deux points a et b n'ayant que ces seuls points en commun; et je démontre qu'un tel en-

(1) Voir mon Mémoire *Sur la notion de ligne* (*Annales de l'École Normale*, 1909).
(2) S. Janiszewski, *Comptes rendus*, t. CL, p. 606.

semble divise le plan en deux régions connexes dont il constitue la frontière. La réciproque a déjà été démontrée dans mon Mémoire cité plus haut.

Voici maintenant ce que j'appelle *tangente en un point* m d'un continu irréductible. Soit p un point de l'ensemble. Joignons m aux différents points de l'arc mp, et considérons l'ensemble des coefficients angulaires de toutes ces droites. Ajoutons à cet ensemble son dérivé. L'ensemble obtenu a, quand p tend vers m sur l'arc pm, un ensemble *continu* limite. Toute droite passant par m et dont le coefficient angulaire est un nombre de cet ensemble, est dite *tangente à l'ensemble.*

Les différents cas suivants sont possibles. En un point il y a soit une, soit deux tangentes, soit un, soit deux angles dont toutes les droites sont tangentes.

J'ai démontré que ces deux derniers cas se présentent certainement quand l'ensemble n'est pas ce que j'ai appelé un *ensemble complètement fermé*. Donc, au contraire, si une ligne a en tous points deux tangentes au plus, c'est un ensemble complètement fermé et par conséquent une ligne de M. Jordan.

II. Je termine cette Note en indiquant la possibilité d'étendre à l'espace les définitions cantoriennes, et de distinguer ainsi les lignes, les surfaces, les volumes. J'y parviens en transformant la définition de M. Cantor d'après le théorème suivant : *Pour qu'un continu plan soit linéaire, il faut et il suffit qu'en tous ses points on puisse trouver une droite au moins qui n'ait pas avec l'ensemble tout un segment commun.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la généralisation du théorème de S. Lie.* Note [1] de M. **Saltykow**, présentée par M. P. Appell.

Le théorème de S. Lie [2] s'étend de la manière suivante aux équations partielles contenant explicitement la fonction inconnue :

Soit le système normal de q équations partielles

$$f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_1, p_2, \ldots, p_n) = \alpha_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, q), \tag{1}$$

---

[1] Présentée dans la séance du 23 mai 1910.

[2] Ce théorème, intimement lié au problème de S. Lie, est formulé par S. Lie dans les *Mathematische Annalen*, t. XI, p. 469. Une démonstration élémentaire de ce théorème résulte de mes recherches publiées en 1903 et 1905 (*Comptes rendus*, 24 août 1903, et *Communications de la Société mathém. de Kharkow*, 1905). M. W. Stekloff leur a apporté un complément en changeant aussi l'énoncé de S. Lie du théorème considéré. Or tous ces résultats sont équivalents, au point de vue de la théorie des équations partielles. En effet, toutes les démonstrations du théorème dont il

résolubles par rapport aux variables p_1, p_2, ..., p_q, le système linéaire correspondant

$$(2) \qquad (f_i, f) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, q),$$

admettant $n + \rho$ [1] *intégrales distinctes*

$$(3) \qquad f_1, \ f_2, \ \ldots, \ f_q, \ f_{q+1}, \ \ldots, \ f_{n+\rho}.$$

Si l'expression

$$dz = \sum_{s=1}^{n} p_s \, dx_s$$

---

s'agit reviennent au calcul des parenthèses de Poisson formées par les intégrales données et les nouvelles fonctions. M. W. Stekloff se borne, dans l'énoncé du théorème, à l'indication seulement des valeurs de ces dernières parenthèses. Quant à S. Lie et moi, nous formulons le résultat qui en déroule immédiatement, sans appliquer du reste aucun nouveau calcul. Par conséquent, je ne suis pas d'accord avec M. C. Russyan (*Comptes rendus*, 10 janvier 1910), attribuant à M. W. Stekloff le théorème de S. Lie et m'objectant que leurs résultats n'étaient pas identiques. Encore faut-il remarquer que M. C. Russyan avait cité non le théorème de S. Lie, mais son lemme 2 (*Math. Ann.*, t. XI, p. 466-467, Satz 2) pour réfuter mon affirmation.

S. Lie considérait son théorème comme généralisation des résultats obtenus par Jacobi (voir *Math. An.*, t. XI, § 2, n° 3, p. 470-471). Il va sans dire que les conditions de S. Lie sont plus générales que celles du théorème classique de Jacobi. Or les intégrales résultant de ces deux théorèmes sont essentiellement distinctes, le théorème de Jacobi définissant un système complet d'intégrales sous forme canonique. Cependant les intégrales définies par le théorème de S. Lie, vérifiant les conditions sous forme plus générale, sont dépourvues des propriétés canoniques. Or cela ne veut pas dire qu'il n'existe point d'intégrales jouissant de pareilles propriétés. S. Lie avait bien noté cette circonstance, en complétant son théorème par des considérations concernant l'existence d'un groupe canonique engendré par les intégrales du théorème en question (*Math. An.*, t. XI, p. 469, 470, Satz 4, Satz 5). J'insiste donc que le nom de S. Lie convient le mieux au théorème en question, d'autant plus qu'il existe un autre théorème présentant une généralisation immédiate du théorème classique de Jacobi (*voir* mes Notes, *Comptes rendus*, 23 et 30 janvier, 24 juillet 1899; *Journal de Mathématiques*, 1899, p. 435 : *Mémoire sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre*; et les *Communications de la Soc. math. de Kharkow*, 1905). En effet, les intégrales qui en résultent forment un système canonique, et le résultat de Jacobi (*Vorlesungen über Dynamik*, 35. Vorlesung) s'ensuit comme cas particulier, quand le nombre d'équations partielles devient égal à 1. Aussi ai-je démontré que ce *théorème généralisé de Jacobi* suffit, à lui seul, pour résoudre les problèmes fondamentaux de la théorie moderne des équations partielles (*Comptes rendus*, 30 août et 13 septembre 1909).

[1] S. Lie désigne par la lettre r le nombre $n + \rho$ des intégrales connues.

devient une équation aux différentielles totales, moyennant les équations

(4) $$f_k = \alpha_k \qquad (k = 1, 2 \ldots, q, q+1, \ldots, n+\rho),$$

$\alpha_{q+1}, \alpha_{q+2}, \ldots, \alpha_{n+\rho}$ *désignant* $n+\rho-q$ *constantes arbitraires; l'intégration des équations* (1) *et* (2) *s'achève par l'intégration de cette équation aux différentielles totales et par des opérations de différentiation et d'élimination.*

Soit l'intégrale de cette dernière équation

(5) $$f_{n+\rho+1} = \alpha_{n+\rho+1},$$

$\alpha_{n+\rho+1}$ étant une constante arbitraire. Supposons que les équations (4) et (5) donnent

$$z = \varphi(x_1, x_2, \ldots, x_{n+\rho}; \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n+\rho+1}),$$
$$x_{n-\rho-r} = \varphi_r(x_1, x_2, \ldots, x_{n-\rho}; \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n+\rho+1}) \qquad (r = 1, 2, \ldots, \rho),$$
$$p_s = \psi_s(x_1, x_2, \ldots, x_{n-\rho}; \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n+\rho+1}) \qquad (s = 1, 2, \ldots, n).$$

Cela posé, la démonstration de notre théorème résulte évidemment des mêmes considérations dont je me suis servi pour résoudre le problème de S. Lie (*Comptes rendus*, 13 septembre 1909), car le *théorème généralisé de Jacobi* s'étend aux équations de la forme (1) (voir *Recherches sur la théorie*..., p. 175-177).

Or le but de cette Note est d'établir de nouvelles formules présentant la généralisation de celles que j'ai données en 1903 (*Comptes rendus*, 23 août).

Posons donc

$$S \equiv \varphi - \sum_{r=1}^{\rho} p_{n-\rho+r}\varphi_r,$$

la dérivée $\frac{\partial S}{\partial \alpha_{n+\rho+1}}$ étant distincte de zéro; pour qu'il en soit ainsi, il suffit, par exemple, d'introduire, au lieu des constantes arbitraires $\alpha_{q+1}, \alpha_{q+2}, \ldots, \alpha_{n-\rho+1}$, les valeurs initiales des variables $z, x_{n-\rho+1}, x_{n-\rho+2}, \ldots, x_n, p_{q+1}, p_{q+2}, \ldots, p_n$. Cela étant, *les rapports*

(6) $$\left(\frac{\frac{\partial S}{\partial \alpha_{q+k}}}{\frac{\partial S}{\partial \alpha_{n+\rho+1}}}\right) \qquad (k = 1, 2, \ldots, n+\rho-q)$$

représentent $n+\rho-q$ *intégrales du système* (2), *les parenthèses désignant le résultat d'élimination des constantes* α, *moyennant les équations* (4); *parmi ces dernières intégrales il existe* $n-q-\rho$ *intégrales formant avec les fonctions* (3) *et* $f_{n+\rho+1}$ *un système complet de* $2n-q+1$ *intégrales distinctes du système* (2).

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur une série de solutions des équations de l'élasticité de Lamé dans un milieu homogène et isotrope.* Note de M. E. **Barré**, présentée par M. Appell.

Nous nous proposons dans la présente Note d'indiquer sommairement la méthode que nous avons suivie pour rechercher systématiquement toutes les solutions des équations de Lamé,

$$(1) \qquad \Delta_2 u + \xi \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0, \qquad \Delta_2 v + \xi \frac{\partial \theta}{\partial y} = 0, \qquad \Delta_2 w + \xi \frac{\partial \theta}{\partial z} = 0,$$

qui sont de la forme suivante où les X sont des fonctions de x seul, etc. :

$$(2) \qquad u = X_1 Y_1 Z_1, \qquad v = X_2 Y_2 Z_2, \qquad w = X_3 Y_3 Z_3.$$

Les limites restreintes d'une Note ne nous permettraient pas de développer ici toutes les solutions de cette question ; aussi nous bornerons-nous à en indiquer quelques-unes afin d'illustrer l'exposé de la méthode suivie. Les équations (1) deviennent :

$$(\mathrm{I}) \qquad \begin{cases} (1) & A_1 X_1'' + B_1 X_1 + C_1 X_2' + D_1 X_3' = 0, \\ (2) & A_2 X_2'' + B_2 X_2 + C_2 X_1' + D_2 X_3 = 0, \\ (3) & A_3 X_3'' + B_3 X_3 + C_3 X_1' + D_3 X_2 = 0, \end{cases}$$

avec

$$(\mathrm{II}) \qquad \begin{cases} A_1 = (1+\xi) Y_1 Z_1, & B_1 = Y_1'' Z_1 + Y_1 Z_1'', & C_1 = \xi Y_2' Z_2, & D_1 = \xi Y_3 Z_3', \\ A_2 = \quad Y_2 Z_2, & B_2 = Y_2'' Z_2 (1+\xi) + Y_2 Z_2'', & C_2 = \xi Y_1' Z_1, & D_2 = \xi Y_3' Z_3', \\ A_3 = \quad Y_3 Z_3, & B_3 = Y_3 Z_3'' (1+\xi) + Y_3'' Z_3, & C_3 = \xi Y_1 Z_1', & D_3 = \xi Y_2' Z_2'. \end{cases}$$

L'étude de la question met en évidence la nécessité d'étudier séparément le cas où ξ est nul, égal à -1 ou infini (ces cas correspondent aux relations $\lambda + \mu = 0$, $\lambda + 2\mu = 0$, $\mu = 0$ entre les coefficients de Lamé). Nous y reviendrons ultérieurement : observons toutefois que bien des solutions trouvées pour le cas général conviennent encore dans les cas spéciaux. La méthode employée qui repose sur une proposition d'analyse, d'ailleurs connue, est la suivante : nous rechercherons toutes les solutions de l'équation (I, 1), et nous exprimerons qu'elles satisfont aux équations (I, 2) et (I, 3). Pour cela nous écrirons d'abord que les fontions X_1'', X_1, X_2', X_3' qui figurent d'une façon linéaire et homogène dans (I, 1) sont liées par trois, deux ou une relation linéaire à coefficients constants, puis au moyen de ces relations nous exprimerons trois, deux ou une de ces fonctions par rapport aux autres et nous substituerons dans (I, 1). Nous écrirons ensuite que les coefficients des seules

fonctions X restant alors dans (I, 1) sont nuls. Les relations obtenues sont linéaires par rapport à A_1, B_1, C_1, D_1, c'est-à-dire sont, par rapport aux Y ou aux Z qui y figurent, de la même forme que (I, 1) par rapport à X''_1, etc. On les traitera de même. Puis tenant compte des résultats obtenus pour transformer (I, 2) et (I, 3), on sera conduit à traiter ces équations transformées d'une façon analogue, quand la solution n'apparaîtra pas immédiatement. Pour passer en revue toutes les solutions possibles, il restera à envisager :

1° Le cas où l'on suppose nulles ensemble les quatre fonctions X_1, X''_1, X'_2, X'_3. Mais alors la fonction u est nulle ;

2° Le cas où l'on a $A_1 = B_1 = C_1 = D_1 = 0$ sans autre condition pour satisfaire à l'équation (I, 1). Mais alors u est encore nulle.

On met ainsi en évidence la nécessité d'étudier à part le cas où l'une des trois fonctions u, v, w est nulle. On est ainsi conduit à étudier les séries suivantes :

I. Solutions correspondant au cas où l'une des fonctions u, v, w est nulle, par exemple w. Il y a intérêt, comme nous le faisons d'ailleurs, à étudier les solutions plus générales caractérisées par la condition $w = \varphi(z)$.

II. Solution correspondant au cas où le produit $X'_1 Y'_2 Z'_3$ est nul.

III. Solutions correspondant au cas où $X''_1 Y''_2 Z''_3$ est nul.

IV. Solutions correspondant au cas où X_1, X'_2, X'_3 s'expriment d'une façon linéaire et homogène par rapport à X''_1.

V. Cas où les fonctions X''_1, X_1, X'_2 et X'_3 sont liées par deux relations linéaires et homogènes.

VI. Cas où les fonctions X''_1, X_1, X'_2 et X'_3 sont liées par une seule relation linéaire et homogène. Il faut remarquer qu'on est conduit à démontrer que cette hypothèse ne mène à aucune solution ne rentrant pas dans l'un des types précédents.

Quelques types de solutions :

$$
\begin{aligned}
u &= 0 \\
v &= (a \operatorname{ch} \omega x + \alpha \operatorname{sh} \omega x)(b \cos \omega z + \beta \sin \omega z) \\
w &= cz + d \\
\theta &= c
\end{aligned}
\qquad\qquad
\begin{aligned}
u &= (Ay + \alpha)(Cz + D), \\
v &= (Ex + F)(Gz + H), \\
w &= Rz + S, \\
\theta &= R
\end{aligned}
$$

(comprend la torsion simple);

$$
\begin{aligned}
u &= (Ax + \alpha)(Cz + \gamma), \\
v &= (By + \beta)(Cz + \delta), \\
w &= -\frac{C(A+B)}{2(\xi + 1)} \xi z^2 + Dz + E, \\
\theta &= \frac{(A+B)Cz}{1+\xi} + (A+B)\gamma + D
\end{aligned}
$$

(comprend l'extension simple pour $C = 0$);

$$u = \omega_2(a\,\mathrm{ch}\,\omega_1 x + \alpha\,\mathrm{sh}\,\omega_1 x)(b\sin\omega_2 y - \beta\cos\omega_2 y)(C\cos\sqrt{\omega_1^2-\omega_2^2}\,z + \gamma\sin\sqrt{\omega_1^2-\omega_2^2}\,z),$$
$$v = \omega_1(a\,\mathrm{sh}\,\omega_1 x + \alpha_1\,\mathrm{ch}\,\omega_1 x)(b\cos\omega_2 y + \beta\sin\omega_2 y)(C\cos\sqrt{\omega_1^2-\omega_2^2}\,z + \gamma\sin\sqrt{\omega_1^2-\omega_2^2}\,z),$$
$$w = Cz + D, \qquad \theta = C;$$

$$u = (b_2\,\mathrm{sh}\,\omega y + \beta_2\,\mathrm{ch}\,\omega y)\left[KC_1\cos\omega z + K\gamma_1\sin\omega z - \frac{\mu_3\omega\xi z}{2}(c_3\cos\omega z + \gamma_3\sin\omega z)\right],$$
$$v = \omega\left[\omega^2\xi\left(\mu_3\frac{x^3}{6} + \nu_3\frac{x^2}{2}\right) + a_2 x + \alpha_2\right]$$
$$\times (b_2\,\mathrm{ch}\,\omega y + \beta_2\,\mathrm{sh}\,\omega y)(c_3\sin\omega z - \gamma_3\cos\omega z),$$
$$w = \omega\left[\omega^2\xi\left(\mu_3\frac{x^3}{6} + \nu_3\frac{x^2}{2}\right) + (a_2 + \mu_3)x + \alpha_2 + \nu_3\right]$$
$$\times (b_2\,\mathrm{sh}\,\omega y + \beta_2\,\mathrm{ch}\,\omega y)(c_3\cos\omega z + \gamma_3\sin\omega z),$$
$$\theta = -\omega^2(b_2\,\mathrm{sh}\,\omega y + \beta_2\,\mathrm{ch}\,\omega y)(c_3\sin\omega z - \gamma_3\cos\omega z)(\mu_3 x + \nu_3);$$

$$u = (\beta x^2 + \gamma x + \delta)(l\,\mathrm{ch}\,\omega y + m\,\mathrm{sh}\,\omega y)(a_1\cos\omega z + b_1\sin\omega z),$$
$$v = (2\beta x + \gamma)(l\,\mathrm{sh}\,\omega y + m\,\mathrm{ch}\,\omega y)\left[\alpha_2\cos\omega z + b_2\sin\omega z + \frac{z}{2}(a_1\sin\omega z - b_1\cos\omega z)\right],$$
$$w = (2\beta x + \gamma)(l\,\mathrm{ch}\,\omega y + m\,\mathrm{sh}\,\omega y)\left[a_3\cos\omega z + b_3\sin\omega z + \frac{z}{2}(a_1\cos\omega z + b_1\sin\omega z)\right],$$
$$\theta = -\frac{1}{\xi}(2\beta x + \gamma)(l\,\mathrm{ch}\,\omega y + m\,\mathrm{sh}\,\omega y)(a_1\cos\omega z + b_1\sin\omega z),$$

avec les relations de condition

$$a_3 = b_1\left(\frac{3\xi + 2}{2\omega\xi}\right) + b_2, \qquad b_3 = -a_1\left(\frac{3\xi + 2}{2\omega\xi}\right) - a_2.$$

PHONOGRAPHIE. — *Sur un nouvel inscripteur du son.* Note de M. **Th. Rosset**, présentée par M. J. Violle.

Poursuivant depuis 5 ans des recherches de phonétique expérimentale, j'ai été amené à chercher un inscripteur des sons qui pût donner des vibrations sonores un graphique authentique, vérifiable et capable de reproduire le son inscrit.

Le phonographe seul possède cette propriété essentielle; il traduit les ondes sonores en courbes creusées dans l'épaisseur d'un cylindre de cire, et cette courbe peut reproduire le son. *Il a deux défauts:*

1° Il altère toujours le timbre; mais cette altération est en somme assez faible puisqu'on distingue toujours deux cylindres enregistrés par deux personnes et qu'on re-

connaît les divers cylindres enregistrés par une même personne. Il n'y a pas là de vice rédhibitoire.

2° On ne peut pas lire directement, à l'œil nu, à la loupe ni au microscope, la courbe gravée dans la cire; il faut la transcrire.

Comme MM. Herrmann de Leipzig et Scripture de Yale University, j'ai pu obtenir de très beaux graphiques, avec un dispositif optique de transcription.

Mais je me suis aperçu, à l'usage, que le même sillon phonographique donne parfois des transcriptions graphiques différentes. Cela tient sans doute à ce que le graphique est déterminé non seulement par la forme du sillon lui-même, mais aussi par la position de l'appareil transcripteur par rapport au sillon. Cet appareil peut suivre le fond du sillon, ou bien l'un des bords, ou passer de l'un à l'autre; il peut encore se présenter plus ou moins normalement à la génératrice du cylindre, etc., toutes conditions expérimentales qui ont une influence certaine, mais impossible à déterminer exactement, sans qu'on puisse être assuré de les réaliser identiques dans deux transcriptions successives.

Si même on parvenait à trouver un dispositif qui donnât d'un même sillon une transcription toujours identique, on ne saurait jamais si ce graphique est la copie fidèle, sans addition ni soustraction aucune, de la courbe phonographique; leur comparaison est impossible, puisque l'une est invisible, tandis que l'autre est muette.

Pour avoir un graphique authentique, la solution serait non pas de transcrire une courbe déjà creusée, mais d'inscrire les mouvements du saphir qui creuse cette courbe pendant qu'il la creuse. On aurait ainsi pour les mêmes mouvements du saphir deux courbes jumelles, dessinées en même temps par le même appareil, l'une dans la cire, sonore, l'autre sur un cylindre inscripteur, lisible.

Voici par quel procédé expérimental, j'ai réalisé cette idée.

On place sur un mandrin mobile autour de son axe un cylindre de cire, sur lequel est enregistré un texte quelconque; sur un mandrin parallèle et mobile également, on place un cylindre vierge; entre les deux cylindres, on dispose un appareil destiné à copier sur le cylindre vierge le sillon du cylindre original. A cet effet, un saphir mousse qui glissera sur le cylindre imprimé et un saphir tranchant qui frottera sur le cylindre vierge sont fixés chacun à l'extrémité d'un levier; ces deux leviers, réunis par une tige articulée, oscillent dans un même plan vertical, autour de deux axes parallèles, et les déplacements du saphir coupant sont identiques à ceux du saphir mousse, à l'amplitude près. Toutefois la position de l'appareil entre les deux cylindres fait que les saillies du cylindre original se traduisent en creux dans le cylindre copie,

et les creux en saillie. Les axes sont solidaires des leviers; chacun des axes peut recevoir un miroir de manière à transcrire les rotations proportionnelles aux oscillations des leviers porte-saphirs par les déplacements d'un rayon lumineux enregistré photographiquement.

L'appareil transcripteur étant installé entre les deux cylindres, on fait tourner simultanément les deux cylindres dans le même sens, à la même vitesse; le saphir mousse, en suivant les dépressions du sillon sonore, fait osciller autour de son axe le levier porte-saphir; ses mouvements, transmis par la tige rigide à l'autre levier, font pénétrer le saphir tranchant dans la cire vierge et creusent ainsi une courbe identique à la courbe originale, inversée.

A l'oreille, on n'entend aucune différence entre ces deux courbes sonores, à l'intensité du son près. On remarque ainsi qu'il est sans importance que les creux soient traduits en saillie et réciproquement.

Pendant cette transcription, on dirige un rayon lumineux sur le miroir fixé à l'axe solidaire du levier qui porte le saphir tranchant et l'on recueille le rayon réfléchi sur un cylindre garni de papier photographique et enfermé dans une chambre noire; toutes les rotations de l'axe se traduisent par des déplacements proportionnels du rayon réfléchi.

Il n'y a entre les déplacements du saphir dans la cire et les déplacements du rayon lumineux sur le papier photographique qu'une différence d'amplification; ce sont les mêmes rotations de l'axe qui déterminent les oscillations du levier porte-saphir et les mouvements du rayon lumineux.

De plus, et c'est un deuxième résultat très important, on a sur le papier photographique une transcription de la courbe du cylindre original, et l'on peut en vérifier la fidélité. Lorsque l'appareil est bien réglé, il n'y a aucune différence sonore entre les deux cylindres. J'ai vérifié que l'identité du son correspondait à l'identité des courbes, en installant un miroir sur chacun des deux axes, et en inscrivant par le même procédé et en même temps les deux mouvements; les deux courbes sont identiques à l'amplitude près. Donc l'identité du son suffit pour garantir l'identité des courbes.

Dès lors, quand la transcription phonographique satisfait l'oreille, la courbe creusée sur le cylindre-copie reproduit fidèlement dans la cire le sillon du cylindre original, et l'inscription photographique, image visible de cette copie sonore, est en même temps la transcription fidèle du sillon original.

Par ce dispositif de double transcription simultanée, il me semble qu'est résolue la difficulté exposée au début de cette Note; on obtient ainsi des graphiques dont on connaît la valeur; la transcription phonographique est le témoin et le garant de la transcription graphique.

PHYSIQUE. — *Sur la précision des méthodes de mesure des susceptibilités magnétiques.* Note de M. **P. Pascal**, présentée par M. D. Gernez.

Dans une Note parue aux *Comptes rendus* du 23 mai 1910, page 1317, M. Chéneveau a voulu comparer, au point de vue de leur sensibilité, les diverses méthodes de mesure des susceptibilités magnétiques.

Je ne puis me rallier complètement à cette idée première que « en toute logique, la comparaison des méthodes doit être faite avec un même corps et un même champ magnétique », mais je voudrais cependant contribuer à la discussion en y apportant quelques faits purement expérimentaux, destinés à fixer la sensibilité des méthodes en litige, dans les limites où chacune d'elles est pratiquement utilisable.

1° Sans vouloir en rien porter atteinte à l'appareil de Curie et Chéneveau, j'ai cru devoir indiquer qu'il était peut-être hasardeux d'en attendre le $\frac{1}{150}$. La Note de M. Chéneveau assigne à sa sensibilité une valeur comprise entre $\frac{1}{50}$ et $\frac{1}{100}$; d'autre part, certains savants [1] auxquels l'auteur se réfère en indiquent une valeur légèrement inférieure, au moins pour ce qui concerne les poudres infusibles à grain irrégulier. Tout cela justifie mon appréciation discrète.

2° Quelques centaines de mesures faites sur les liquides avec des appareils de torsion de divers types m'ont fait préférer la méthode du tube en U. Dans mes premiers essais sur les sels complexes, auxquels seuls il est fait allusion, j'ai indiqué une sensibilité probable de $\frac{1}{100}$, car les nombres obtenus pour un même corps différaient au plus de cette quantité. Plusieurs milliers de mesures ultérieures, plus soignées, relatives aux composés organiques, m'ont fait dire qu'on pouvait atteindre le $\frac{1}{200}$. Je suis bien obligé de maintenir ce nombre, qui m'est donné par l'expérience [2].

3° La méthode de la balance, particulièrement visée et vivement critiquée par M. Chéneveau, exige une technique comparable à celle du tube en U, elle donne expérimentalement une précision du même ordre, que j'estime à $\frac{1}{150}$ en moyenne. L'échauffement des pièces polaires de mon appareil est insensible dans les conditions où j'opère, et ne trouble pas les pesées, qui d'ailleurs n'ont pas besoin d'être faites à $\frac{1}{10}$ de milligramme pour donner la précision annoncée, quand on emploie des champs de 15000 gauss en moyenne.

En résumé, les méthodes que j'ai proposées ont présenté entre mes mains une sensibilité deux fois plus grande au moins que celles où l'on utilise une balance de torsion, et pour ces dernières j'ai obtenu exactement la sensibilité qu'indique M. Chéneveau [3].

---

(1) Urbain, *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1287.

(2) Pascal, *Annales de Chimie et de Physique*, janvier 1910, p. 8.

(3) Pascal, *loc. cit.*, p. 8.

Bien que la complication de mes méthodes ne soit qu'apparente, je n'ai jamais songé à leur faire correspondre le moindre appareil commercial, et je laisse à ceux qui voudront rouvrir cette discussion le soin de monter les dispositifs proposés. Une longue pratique les mettra alors à même d'en vérifier les avantages.

PHYSIQUE. — *Sur l'arc au mercure dans le vide.* Note de M. A. **Perot**, présentée par M. Villard.

L'arc au mercure dans le vide est particulièrement intéressant à étudier quand on le fait jaillir à l'intérieur d'un ballon, de façon à le soustraire à l'action des parois du récipient, et à lui permettre de se produire à de basses pressions de la vapeur.

Si aux deux extrémités du diamètre horizontal d'un ballon d'une dizaine de centimètres de diamètre sont soudés deux tubes recourbés verticalement et remplis de mercure, on peut, à l'aide d'une électrode parasite, faire jaillir un arc d'un tube à l'autre.

1. La décharge peut revêtir dans ces conditions plusieurs caractères : si le vide a été préalablement parfaitement fait dans le récipient, pour des pressions très basses de la vapeur de mercure, le ballon tout entier est rempli d'une luminosité blanche; la pression s'élevant par suite, soit de l'échauffement de l'appareil, soit d'une rentrée d'air, cette luminosité se concentre autour du diamètre horizontal qui joint les deux électrodes.

Dans les appareils que j'ai étudiés, pour une pression comprise entre 1 et 3 centièmes de millimètre, mesurés à la jauge, il se produit d'habitude une colonne rosée donnant au spectroscope les raies de l'arc ordinaire, mais avec un éclat relatif très grand des raies d'importance secondaire, en particulier des raies rouges et de certaines raies ultraviolettes qui, pour une pression très basse, sont extrêmement faibles sinon absentes, le spectre visible se réduisant presque exclusivement aux raies jaunes, verte et violettes. Si la pression dépasse 3 à 4 centièmes de millimètre, la lumière blanche réapparaît sous la forme d'un cordon analogue à la colonne positive étudiée par M. Villard, et la section du cordon ainsi constituée est d'autant plus faible que la pression est plus élevée. Il présente tous les caractères de l'arc contenu dans un tube : même aspect, même éclat, mêmes raies spectrales. Un champ magnétique a sur lui la même action que sur la colonne positive d'un tube à gaz raréfié.

2. Le transport du mercure de l'anode à la cathode, qui, dans les arcs ordinaires, peut être attribué en partie à la différence des températures des deux électrodes, existe encore dans les arcs de cette forme, bien qu'entre

les deux surfaces de l'anode et de la cathode se trouve placé le ballon qui, étant froid, joue le rôle de condenseur.

Pour le vérifier, il suffit de graduer les tubes contenant les électrodes et d'observer les niveaux. Dans une expérience de ce genre, j'ai constaté qu'une masse de $0^{mg},86$ de mercure était transportée par Coulomb. Ce chiffre est certainement très inférieur à la réalité par suite de l'évaporation de la cathode; toutefois si on le rapproche de l'équivalent électrochimique du mercurosum, $2^{mg},07$, on est amené à penser que le transport électrique s'effectue par des ions mercureux.

3. L'action de la vapeur d'eau sur la décharge est particulièrement intéressante : si, la décharge se produisant à très basse pression, on introduit dans le ballon de la vapeur d'eau en chauffant une ampoule, soudée à l'appareil et contenant de la potasse caustique, on voit le ballon devenir complètement obscur, les raies spectrales du mercure s'effaçant alors que le courant est de plusieurs ampères; en même temps la différence de potentiel s'élève.

Les décharges obscures observées jusqu'ici dans les tubes à gaz raréfiés sont de quelques milliampères seulement, tandis que dans cette expérience le courant est de quelques ampères. Si l'on observe que le spectre de la vapeur d'eau comprend des raies ultraviolettes observables seulement au travers du quartz, on peut supposer que les radiations de la vapeur d'eau se sont substituées à celles du mercure. Comme d'autre part rien n'est changé dans le reste de l'arc, il est loisible d'admettre soit que les ions qui transportent le courant sont des ions mercureux et que le phénomène de la luminescence n'est pas indissolublement lié à celui du transport électrique, les ions, véhicules du courant, étant distincts des centres lumineux; soit que le transport électrique se fait par ionisation des centres neutres rencontrés par les ions émanés de l'anode.

4. Si, pour étudier le mouvement de ces centres lumineux par des mesures spectroscopiques, on applique le principe de Döppler-Fizeau, on constate un déplacement dans le sens du courant, de l'anode à la cathode.

Les mesures ont été faites en employant comme appareil spectroscopique un étalon interférentiel à lames argentées et observant les anneaux que donne, dans une lunette pointée pour l'infini, le satellite principal de la raie verte (5461^{A}), les anneaux de la composante principale permettant des pointés moins précis que ceux du satellite à cause de leur largeur. Les erreurs de la mesure du diamètre étaient telles que la longueur d'onde fût, en valeur relative, connue à moins d'un dix-millionième; je pense que les vitesses déterminées sont exactes à une quinzaine de mètres près par seconde. La seule difficulté sérieuse réside dans une variation progressive de la différence de marche due soit aux variations barométriques, soit à une compensation inexacte de la variation de l'indice de l'air avec la température par la dilatation de l'invar avec lequel l'appareil est construit. Pour parer à cette cause d'erreurs, j'ai croisé les observations.

En général, j'ai effectué les pointés avec la lumière émise par une région déterminée de l'arc dans deux directions inclinées sur la normale et en plus, dans quelques cas, suivant la normale. Un grand nombre de mesures ont été faites sur des arcs en ballon, quelques-unes avec des arcs en forme de H. Les nombres trouvés, de même ordre de grandeur, varient suivant la pression de 400^m à 30^m par seconde; la vitesse est dirigée de l'anode vers la cathode, elle diminue quand la pression croît. J'ai trouvé ainsi :

Vitesse	$340^{m:s}$	$268^{m:s}$	$186^{m:s}$	$142^{m:s}$	$129^{m:s}$	$32^{m:s}$
Pression à la jauge ou au manomètre	$0^{mm},02$	$0^{mm},35$	$0^{mm},72$	$3^{mm},00$	$3^{mm},50$	$7^{mm},0$

Ces vitesses sont très faibles, eu égard à celles qu'on rencontre d'habitude dans les tubes à vide.

Le mouvement matériel de l'anode vers la cathode peut encore être mis en évidence à l'aide d'une lame de platine suspendue à un fil; le courant entraîne fortement cette lame vers la cathode, l'angle avec la verticale pouvant atteindre jusqu'à 30°. On peut encore l'illustrer à l'aide d'une roue à palettes placée dans le ballon où jaillit l'arc; partiellement plongée dans la région où se fait la décharge, elle prend un mouvement de rotation extrêmement rapide; la roue s'arrêtant dès qu'on la sort de la colonne positive, c'est donc bien à celle-ci qu'est dû le mouvement.

Toutes ces expériences ont été faites avec des courants compris entre 2,5 et 5 ampères.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Effets oxydants des rayons ultra-violets sur les corps gazeux. Peroxydation des composés oxygénés de l'azote et du soufre.* Note [1] de MM. **Daniel Berthelot** et **Henri Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Les facultés oxydantes des rayons ultraviolets se manifestent dans la production des composés oxygénés de l'azote et du soufre.

Nous avons examiné d'abord leur effet sur des mélanges d'azote et d'oxygène en suivant la technique déjà décrite (*Comptes rendus*, 9 et 23 mai 1910). On sait que l'étincelle et l'arc électriques combinent ces gaz, secs ou humides, en donnant les divers composés oxygénés de l'azote, et que l'effluve

(1) Présentée dans la séance du 23 mai 1910.

donne avec les gaz humides uniquement de l'acide azotique [1]. L'effet des rayons ultraviolets est tout autre. Ils sont sans action appréciable sur les mélanges précités.

1° *Air atmosphérique.* — Lampe 110 volts. Tube exposé 1 heure à 2^{cm} de distance; 1 heure à 5^{cm}; 1 heure à 8^{cm}. Aucune variation du volume gazeux. Pas de vapeurs nitreuses. Pas d'ozone en proportion appréciable. Mercure non oxydé.

Autre expérience sur l'air, prolongée une fois et demie aussi longtemps dans les mêmes conditions d'exposition. Même résultat négatif. L'analyse des $2^{cm^3},77$ résiduels donne $0^{cm^3},57\ O^2 + 2^{cm^3},20\ Az^2$, ce qui est bien la composition de l'air.

Dans les expériences précédentes, comme dans toutes les expériences analogues, sauf indication contraire, les gaz étaient secs, ayant été maintenus plusieurs semaines en présence de potasse ou de chlorure de calcium fondus ou d'acide sulfurique.

2° *Air saturé de vapeur d'eau.* — Action prolongée, 4 heures 30 minutes, comme la précédente. Même résultat négatif.

3° *Mélange d'azote et d'oxygène.* — $1^{cm^3},15\ Az^2 + 2^{cm^3},62\ O^2$. Lampe 110 volts. Tube placé 1 heure à 4^{cm}, 1 heure à 6^{cm}, 1 heure à 8^{cm}. Pas de variation de volume appréciable. Mercure légèrement oxydé.

La formation d'ozone qui, même avec l'oxygène pur, est toujours très faible, paraît ralentie par la présence d'azote, et dans les expériences précédentes, ce n'est qu'avec le dernier mélange, le plus riche en oxygène, qu'il s'en produit une trace.

La non-combinaison de l'azote et de l'oxygène par les rayons ultraviolets est d'accord avec l'observation : sinon les rayons ultraviolets émanés du Soleil, qui agissent avec une grande intensité dans les couches supérieures de l'atmosphère, détermineraient la disparition de l'azote et de l'oxygène de l'air.

Production des nitrites et des nitrates. — 4° *Protoxyde d'azote.* — Lampe 110 volts. Tube exposé 4 heures et demie à 2^{cm} de distance et 2 heures à 7^{cm}. Volume initial $1^{cm^3},76$; volume final $1^{cm^3},60$ ne contenant ni O^2 ni AzO et composé de $0^{cm^3},29\ Az^2O + 1^{cm^3},31\ Az^2$. Il a disparu $1^{cm^3},47\ Az^2O$, qui ont donné $1^{cm^3},31\ Az^2$ libre $+ 0^{cm^3},16\ Az^2$ fixé sur le mercure $+ 0^{cm^3},73\ O^2$ fixé sur le mercure. La surface de mercure est couverte d'un sel blanc, qu'on dissout dans l'eau distillée; le sulfate de diphénylamine donne une coloration violette (nitrite ou nitrate); le réactif de Griess une coloration rose (nitrite); le réactif de Grandval et Lajoux, une légère coloration jaune (nitrate). Le sel est donc du nitrate de mercure, mélangé d'oxyde et d'une faible quantité de nitrate.

Le protoxyde d'azote s'est décomposé sous l'influence des rayons ultraviolets, en azote et oxygène; l'oxygène s'est porté sur le protoxyde non décomposé pour former les oxydes supérieurs de l'azote qui ont attaqué le mercure.

---

[1] M. Berthelot, *Synthèse de l'acide azotique et des azotates à la température ordinaire* (*Comptes rendus*, t. CXLII, 1906, p. 1367).

L'expérience a été répétée en exposant le tube 2 heures à $2^{cm},5$; 2 heures à 5^{cm}; 2 heures et demie à 8^{cm} de la lampe 110 volts. Le mercure s'est recouvert de même d'une croûte d'oxyde, de nitrite et de nitrate, mais l'écartement de la lampe étant plus grand, la décomposition du gaz Az^2O est moins avancée. Volume initial : $3^{cm^3},35$. Volume final : $3^{cm^3},22$, composé de $1^{cm^3},81\,Az^2O + 1^{cm^3},41\,Az^2$. Il a disparu $1^{cm^3},54\,Az^2O$ qui ont donné $1^{cm^3},41\,Az^2$ libre $+ 0^{cm^3},13\,Az^2$ fixés et $0^{cm^3},77\,O^2$ fixés.

5° *Bioxyde d'azote.* — Lampe 110 volts. Tube exposé 3 heures à 3^{cm} de distance. Volume initial : $3^{cm^3},83$. Volume final : $3^{cm^3},27$, composé de $2^{cm^3},81\,AzO + 0^{cm^3},46\,Az^2$. Le mercure est fortement attaqué, et sa surface recouverte d'une couche d'oxyde, de nitrite et de nitrate. Il a disparu $1^{cm^3},02$ de AzO qui ont fourni $0^{cm^3},51\,O^2$ fixés sur le mercure et $0^{cm^3},51\,Az^2$ dont $0^{cm^3},46$ se retrouvent à l'état libre et $0^{cm^3},05$ ont été fixés sur le mercure.

6° *Mélange de protoxyde d'azote et d'oxygène.* — Lampe 110 volts. Tube exposé 3 heures à 3^{cm} de distance. Volume initial : $4^{cm^3},40$, composé de $2^{cm^3},40\,Az^2O + 2^{cm^3},00\,O^2$. Volume final : $3^{cm^3},51$, composé de $1^{cm^3},07\,Az^2O + 0^{cm^3},93\,Az^2 + 1^{cm^3},51\,O^2$. Les vapeurs nitreuses ont apparu au bout de peu de temps et persisté tout le cours de l'expérience. Le mercure est couvert d'une croûte saline. Les volumes de gaz fixés sur le mercure sont dans le rapport de 40 d'azote à 115 d'oxygène, ce qui répond à un mélange de nitrates et de nitrites que l'on caractérise comme plus haut.

Un second essai a donné des résultats analogues. Ces réactions sont analogues à celles obtenues en 4° avec le protoxyde d'azote seul.

En résumé, sous l'influence des rayons ultraviolets, dans les conditions des expériences précédentes, l'oxygène n'oxyde pas l'azote libre; ce qui peut tenir à ce que, la réaction étant fortement endothermique, les rayons ne sont pas aptes à fournir l'énergie en quantité voulue ou au potentiel chimique nécessaire à la combinaison. Par contre, les rayons ultraviolets déterminent la peroxydation du protoxyde et du bioxyde d'azote : réactions presque indifférentes au point de vue thermique ou même exothermiques.

Production des sulfates : 7° *Anhydride sulfureux.* — Mêmes conditions d'exposition qu'au 1°. Volume initial : $2^{cm^3},38$; volume final : $2^{cm^3},20$. Gaz résiduel entièrement absorbable par la potasse : donc, anhydride sulfureux sans oxygène. Mercure couvert d'une croûte saline qui, dissoute dans l'eau, donne un précipité avec le chlorure de baryum en solution acide : donc sulfate de mercure. Sur la face du tube est un dépôt blanchâtre de soufre, volatilisable par la chaleur avec l'odeur piquante de l'anhydride sulfureux.

Les choses se passent ici de même qu'avec l'effluve [1].

Cette production d'acide sulfurique aux dépens de l'anhydride sulfureux

---

(1) Berthelot, *Mécanique chimique*, t. II, 1879, p. 377.

est analogue à la production d'acide nitrique aux dépens du protoxyde d'azote ou du bioxyde d'azote. Dans les deux cas, il y a décomposition avec oxydation d'une partie des produits.

8° *Mélange d'anhydride sulfureux et d'oxygène.* — Mêmes conditions d'exposition qu'au 1°. Volume initial : $3^{cm^3},25$, composé de $2^{cm^3},05$ $SO^2 + 1^{cm^3},20$ O^2. Volume final : $2^{cm^3},55$, où l'on a dosé séparément $1^{cm^3},60$ SO^2 et $0^{cm^3},94$ O^2. Il a donc disparu $0^{cm^3},45$ $SO^2 + 0^{cm^3},26$ O^2, soit en tout $0^{cm^3},71$, ce qui s'accorde avec la diminution globale de volume observée $0^{cm^3},70$.

Sur les parois du tube, on voit le dépôt blanchâtre de soufre qui s'est produit, fait curieux, en présence de l'oxygène en excès. A la surface du mercure est une petite croûte de sulfate.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium chauffé à l'air.* Note de M. **J.-O. Serpek**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans les *Comptes rendus* du 11 avril dernier [1] M. Kohn-Abrest a publié une Note *Sur les azotures et les oxydes extraits de l'aluminium*, dans laquelle il a cru donner comme nouvelle l'action de l'air et de l'azote sur la poudre d'aluminium chauffée.

Les résultats de M. Kohn-Abrest sont connus depuis longtemps.

1° M. Matignon [2] a déjà indiqué que la combustion de l'aluminium fournit simultanément de l'alumine et de l'azoture.

2° M. le professeur Fichter [3], sur ma demande, a bien voulu compléter mes connaissances jusqu'ici très rudimentaires sur la préparation et les propriétés de l'azoture d'aluminium. Dans son travail, il a montré en particulier que l'azote, sans action sur l'aluminium à 600°, commence à réagir avec la température de fusion de ce dernier, soit 657°, pour donner une transformation rapide vers 720°-740°; que, en outre, l'azoture s'oxydait progressivement, et enfin, il a défini les conditions de préparation de l'azoture à partir de l'azote et donné les principales propriétés de cet azoture.

3° Depuis 1905 je me suis occupé de la préparation technique de l'azoture d'aluminium. M. Bronnert [4] a exposé mes procédés en même temps qu'il indiquait les propriétés plus précises que je lui avais reconnues.

---

[1] Voir t. 150, p. 918.

[2] *Comptes rendus*, t. CXXX, 1900, p. 1390.

[3] *Zeits. anorg. Chemie*, t. LIV, 1907, p. 322.

[4] *Bull. Soc. ind. Mulhouse*, janvier et février 1909.

J'ajouterai de plus que M. Kohn-Abrest cite comme nouvelle la formation d'un azoture d'aluminium de composition différente de celle de AlAz; ni M. Fichter ni moi, dans mes nombreux essais, n'avons jamais constaté la formation de ce nouveau produit.

CHIMIE MINÉRALE. — *De l'action de l'air sur la houille.* Note de M. **P. Mahler**, présentée par M. Ad. Carnot.

Dans l'étude calorimétrique des combustibles que j'ai publiée en 1892, sous les auspices de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, j'ai inséré une Note sur l'*Altération des houilles à l'air*. Les recherches que je poursuis, au Laboratoire de l'École des Mines, sont un développement de cette Note.

I. Ces nouvelles recherches m'ont conduit à soumettre la houille à l'action d'un courant d'air atmosphérique, à des températures relativement basses, et plus particulièrement au-dessous de la température d'ébullition de l'eau.

La houille est placée dans un tube de cristal chauffé dans une étuve, et qui peut recevoir 200g de charbon pulvérisé. Le tube admet un courant d'air pur et sec; d'autre part, il est en relation avec des appareils qui permettent d'arrêter et de mesurer l'eau, le gaz carbonique et l'oxyde de carbone pouvant résulter de l'action de l'air sur le charbon, à la température du tube. Depuis les travaux de M. A. Gautier et de M. Nicloux, l'emploi de l'anhydride iodique pour doser l'oxyde de carbone est devenu d'une sûreté incontestable. Dans le cas présent, il était nécessaire de débarrasser le courant gazeux des traces possibles d'hydrocarbures non saturés, susceptibles d'agir comme l'oxyde de carbone sur l'anhydride iodique. J'ai eu recours au lavage de ce courant gazeux dans l'acide sulfurique chauffé à 175° C.

J'ai ainsi étudié des houilles provenant des mines de Courrières, d'Anzin, d'Azincourt et de Decazeville. Avec des prises d'essai exactement privées d'eau hygroscopique et de gaz occlus, j'ai observé que l'air, dès une température de 30° à 40° C., exerce sur ces houilles une action déshydrogénante, avec mise en liberté d'eau, de gaz carbonique et d'oxyde de carbone, en quantités mesurables et croissant, en général, avec la température. Les chiffres que j'ai obtenus ne sauraient avoir de valeur absolue; l'état physique de la houille plus ou moins pulvérisée, la vitesse de l'air pouvant, indépendamment de la température, avoir un effet sur l'importance de la réaction. Ces chiffres précisent, cependant, le sens du phénomène. Voici,

à titre d'exemple, ceux qui concernent la veine Joséphine de la concession de Courrières.

L'expérience a consisté à porter 150g de charbon par période de 30 heures, à 25°, 45°, etc., et à mesurer l'eau, le gaz carbonique et l'oxyde de carbone mis en liberté sous l'action de l'air.

Températures.	Eau.	Gaz carbonique. C³.	Oxyde de carbone. C³.
25° à 30°.....		1,00	2,88
45..........		1,55	3,73
65..........	0g,290	4,25	5,59
85..........		12,00	4,97
105..........		30,00	6,67

J'ai étudié les mêmes houilles, non plus à l'état sec, mais brutes, c'est-à-dire retenant un peu d'humidité. J'ai ainsi observé que l'action de l'air, à une température déterminée, dégage bien moins d'oxyde de carbone avec une houille humide qu'avec la même houille desséchée. La houille de Courrières, par exemple, non desséchée, portée pendant 30 heures à 35°, n'a dégagé que 1cm³,13 d'oxyde de carbone. Il faut remarquer, en effet, que la réaction dont je parle, lente et limitée à chaque température, dégage une certaine quantité d'eau. Dès lors, il apparaît que l'humidité, soit dans la houille, soit dans l'air, doit retarder cette réaction et en particulier s'opposer au dégagement de l'oxyde de carbone.

J'ai mis en évidence, qualitativement, le dégagement de l'oxyde de carbone de la houille par l'action de l'air, dans une autre série d'expériences. Elles ont consisté à faire passer un courant d'air pur très lent sur un poids important, 1000g à 1200g de charbon légèrement chauffé, et à laver ensuite le courant gazeux dans un tube de Winkler, garni d'une solution très étendue de sang. J'ai ainsi constaté, au spectroscope, au bout d'un temps variable, suivant l'échantillon, la formation de l'oxycarbohémoglobine, c'est-à-dire l'intoxication du sang.

En somme, il paraît résulter de mes expériences que les traces d'oxyde de carbone que l'analyse a pu révéler dans l'atmosphère des houillères, y existent non point accidentellement, mais normalement.

II. Enfin, l'examen de l'action de l'air sur les houilles de Courrières, d'Anzin, etc., aux températures comprises entre 100° et 200° C., m'a fourni quelques observations.

A l'aide de l'appareil dont j'ai indiqué plus haut le principe, j'ai constaté, au-dessus de 125° environ, un accroissement considérable de la production de l'eau, du gaz carbonique et de l'oxyde de carbone, et simultanément, dans l'eau condensée l'apparition

de traces d'hydrocarbures odorants. Puis, au-dessus de 150°, j'ai observé l'acidité croissante de l'eau de condensation. Je reviendrai prochainement sur le liquide à odeur nettement acétique, recueilli dans ces conditions.

Ce phénomène d'oxydation acide coïncide, par ailleurs, avec la formation, aux dépens de la houille, d'une grande quantité d'acide ulmique. Sa constatation contrôle l'exactitude des vues avancées, dès 1892, dans ma Note sur l'*Altération des houilles à l'air*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation des γ-glycols acétyléniques. Synthèse d'acides-alcools α.* Note de M. **Georges Dupont**, présentée par M. A. Haller.

I. Dans une précédente Note ([1]), j'ai indiqué la production d'*acide lactique* par oxydation des isomères de l'*hexine*-3-*diol*-2-5 par une solution neutre de permanganate de potassium à 1 pour 100. Il m'a paru intéressant d'essayer de généraliser ce procédé de synthèse des acides-alcools α, à partir des γ-glycols acétyléniques, d'après la réaction

$$\text{I.}\qquad {}^{R}_{R'}\!\!>\!COH - C \equiv C - COH\!<^{R}_{R'} + O^3 + H^2O = 2\,{}^{R}_{R'}\!\!>\!COH - CO^2H.$$

Ce procédé est parallèle au procédé classique consistant à hydrater les nitriles-alcools, car tous deux ont, comme point de départ, les aldéhydes ou cétones. Le procédé que j'ai étudié utilise, intermédiairement, la formation des glycols acétyléniques à l'aide du dibromomagnésium-acétylène, réaction qui donne, en général, de très bons rendements et ne présente pas les dangers de la préparation des cyanhydrines utilisées dans la méthode classique.

Malheureusement, la réaction se complique, dans le cas des glycols secondaires, d'une oxydation ultérieure de l'acide-alcool et, dans le cas des glycols tertiaires, de la formation d'acide oxalique et de cétone d'après la réaction

$${}^{R}_{R'}\!\!>\!COH - C \equiv C - COH\!<^{R}_{R'} + O^4 = 2\,{}^{R}_{R'}\!\!>\!CO + CO^2H - CO^2H.$$

Mode opératoire. — La réaction est généralement assez rapide et doit se faire dans un bain d'eau glacée. La concentration de la solution permanganique peut être portée à 2 ou 3 pour 100 dans le cas des glycols tertiaires. Lorsque les glycols étaient inso-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 1381.

lubles dans l'eau, ce solvant était remplacé par de l'acétone pure ou diluée. Quand le permanganate, ajouté en quantité théorique, était complètement réduit, la liqueur était filtrée et distillée (dans le vide dans le cas de l'eau). Le résidu, contenant le sel de potassium de l'acide cherché, était lavé à l'éther, puis acidulé par de l'acide sulfurique étendu; une extraction à l'éther fournissait l'acide.

II. Voici les résultats obtenus avec un certain nombre de glycols :

1° Le glycol $\frac{CH^3}{CH^3}\rangle COH - C \equiv C - COH \langle\frac{CH^3}{CH^3}$ (¹) m'a donné l'*acide oxyisobutyrique* fondant à 78° et caractérisé par son sel de zinc $ZnA^2, 2H^2O$;

2° Le glycol $\frac{CH^3}{C^2H^5}\rangle COH - C \equiv C - COH \langle\frac{CH^3}{C^2H^5}$ (²) n'a donné qu'une très faible quantité d'un acide, fondant à 67° et qui doit être de l'*acide méthyléthylglycolique*, mais, au contraire, une assez forte proportion d'acide oxalique et de méthyléthylcétone;

3° Les deux isomères du glycol $\frac{C^6H^5}{CH^3}\rangle COH - C \equiv C - COH \langle\frac{C^6H^5}{CH^3}$ (³) donnent, avec un assez bon rendement, de l'*acide atrolactique* qui, anhydre, fond à 91°-92°. Il était accompagné d'acide oxalique et d'acétophénone;

4° Le glycol $\frac{C^6H^5}{C^6H^5}\rangle COH - C \equiv C - COH \langle\frac{C^6H^5}{C^6H^5}$ donne, sans difficulté, de l'*acide diphénylglycolique*, fondant à 149°-150°, accompagné d'acide oxalique et de benzophénone.

Ce glycol, à ma connaissance non encore décrit, s'obtient aisément par l'action de la benzophénone sur le dibromomagnésium-acétylène. Cristallisé dans le toluène, il fond à 193°.

5° Les deux isomères du glycol $CCl^3 - CHOH - C \equiv C - CHOH - CCl^3$ (³) m'ont donné, en évitant soigneusement tout échauffement, l'*acide trichlorolactique* fondant à 116°-119°. Le rendement atteint 40 pour 100 et ici, comme pour les autres glycols secondaires, on ne trouve pas trace d'acide oxalique.

6° Enfin le glycol $C^6H^5 - CHOH - C \equiv C - CHOH - C^6H^5$ (³) ne m'a donné que de l'acide benzoïque, tandis qu'une partie restait inaltérée. Il ne m'a pas été possible d'isoler d'acide phénylglycolique ni d'acide phénylglyoxylique.

(¹) Jotsitch, *J. Soc. phys. chim. r.*, t. XXXIV, p. 242-244.

(²) Jotsitch, *J. Soc. phys. chim. r.*, t. XXXV, p. 1269-1275.

(³) *Comptes rendus*, t. 150, p. 1221.

En résumé, l'oxydation permanganique de ces glycols donne, sauf dans le dernier cas où elle dépasse le but, les acides-alcools attendus, mais les rendements sont médiocres et très variables avec les conditions.

III. J'ai été naturellement amené, dans le but d'améliorer les rendements, à bloquer les fonctions alcools en les transformant en fonctions éthers-oxydes ou éthers-sels. Dans ces conditions, la méthode donne des résultats très satisfaisants.

Dans le cas des éthers-sels, l'oxydation est lente et demande plusieurs jours; l'acétone diluée, servant de solvant, s'attaque dans ces conditions; un excès de permanganate est donc nécessaire pour que l'oxydation soit complète.

1° Le *diméthoxy*-1.4-*butine*-2 (¹), traité par une solution permanganique aqueuse, donne, à peu près uniquement, l'*acide méthoxyglycolique* caractérisé par son sel de zinc $ZnA^2, 2H^2O$.

2° Les diacétines des deux isomères du glycol

$$C^6H^5 - CHOH - C \equiv C - CHOH - C^6H^5$$

donnent, avec un bon rendement, de l'*acide acétophénylglycolique*. Ce corps cristallise dans l'eau avec 1^mol d'eau et fond, alors, à 38°-39°; il se déshydrate dans le vide sec ou à 90° et son point de fusion devient alors 75°.

3° Les diacétines du glycol

$$CCl^3 - CHOH - C \equiv C - CHOH - CCl^3$$

donnent, de même presque exclusivement, de l'*acide acétotrichlorolactique* qui, cristallisé dans l'eau, fond à 56°-57° et perd 1^mol d'eau de cristallisation vers 80°.

Ces quelques exemples semblent bien démontrer que, si la méthode n'est pas très avantageuse pour obtenir les acides-alcools eux-mêmes, elle le devient pour la préparation de leurs éthers-oxydes ou de leurs acétines.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérisation de l'acide oléique par déplacement de la double liaison.* Note de MM. **A. Arnaud** et **S. Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

L'hypothèse de l'isomérisation par déplacement de la double liaison fut émise en 1887 par MM. Saytzeff (²)

(¹) Lespieau et Dupont, *Bull.*, 4e série, t. I, p. 4.

(²) *Journ. f. prakt. Chemie*, t. XXXV, p. 386.

En traitant par la potasse alcoolique l'acide iodostéarique obtenu par fixation de HI sur l'acide oléique ces auteurs ont observé la formation d'un mélange d'acides gras composé presque exclusivement par de l'acide oléique régénéré et un isomère solide, différent de l'acide élaïdique. Cet isomère, désigné sous le nom d'acide *isooléique*, fondait à 44°-45° et donnait un acide dioxystéarique fondant à 77°-78°. MM. Saytzeff ont admis que ce corps renferme sa double liaison en $\Delta_{2.3}$, l'acide oléique la présentant en $\Delta_{3.4}$; il dérivait donc de ce dernier par déplacement de la double liaison d'un carbone à droite, vers le carboxyle.

Or, la plupart des auteurs admettent que la double liaison de l'acide oléique est située entre le neuvième et le dixième carbone [1]. D'autre part, Ponzio [2] et, plus récemment, Le Sueur [3], en débromant par la potasse alcoolique l'acide α-bromostéarique, ont préparé le véritable acide isooléique $\Delta_{2.3}$ qui ne ressemble nullement au corps de MM. Saytzeff, car il fond à 58°-59° et donne un acide dioxystéarique fusible à 126°.

Ayant repris cette question nous n'avons pas tardé à reconnaître que l'expérience de MM. Saytzeff conduit à un mélange beaucoup plus complexe qu'ils ne l'avaient supposé. Nous y avons caractérisé déjà quatre acides différents, et la liste ne semble pas épuisée ; ces corps sont : l'acide *élaïdique* ordinaire $\Delta_{9.10}$, l'acide *élaïdique* $\Delta_{8.9}$, l'acide *oxystéarique* $C^{18}H^{36}O^{3}$ et de l'acide *oléique* régénéré $\Delta_{9.10}$.

L'expérience suivante, qui en donne la preuve, a été réalisée sur 700g d'acide oléique pur.

On fait passer un courant de HI sec dans l'acide oléique jusqu'à ce que le poids augmente de 318g; puis on dissout dans la potasse alcoolique et l'on fait bouillir pendant 3 heures. Les acides gras désiodés, mis en liberté par l'acide sulfurique étendu, se prennent, par refroidissement, en une masse cristalline, imprégnée d'une substance huileuse qu'on sépare à la presse hydraulique. On obtient ainsi un gâteau sec pesant 285g et 415g de produit liquide, contenant encore des acides solides en solution. On précipite ceux-ci en majeure partie, en solution alcoolique, sous forme de sels de magnésie cristallisés, ce qui donne une nouvelle portion d'acides solides, pesant 110g et en tout semblables aux précédents. Par recristallisation dans beaucoup d'alcool, à l'état de sel acide de sodium, ce qui les débarrasse des dernières traces d'huile adhérente, ils se présentent sous la forme d'un corps blanc, à texture cristalline, qui fond vers 36° et sur lequel on commence les fractionnements. Pour cela on le dissout dans 6vol d'alcool et l'on ajoute une quantité de soude alcoolique titrée juste suffi-

---

(1) Overbeck, *Ann. d. Chemie*, t. CXL, p. 39. — Harries et Thieme, *Id.*, t. CCCXLIII, 1905, p. 360. — Baruch, *Ber. d. chem. Ges.*, t. XXVII, 1894, p. 172. — Molinari et Soncini, *Id.*, t. XXXIX, 1906, p. 2735.

(2) *Gazz. chim. ital.*, t. XXXIV, 1903, p. 77.

(3) *Journ. chem. Soc.*, t. LXXXV, 1904, p. 1708.

sante pour neutraliser un sixième du mélange. Dans ces conditions, un tiers des acides cristallise, à l'état de sel acide de sodium ; après essorage et recristallisation dans l'alcool, on retire de ce sel de l'acide *élaïdique* ordinaire, cristallisé en lames oblongues fusibles à 45° et donnant par oxydation de l'acide 9.10.*cis*-dioxystéarique, corps bien connu qui fond à 95°,5. On a pu ainsi en isoler 15 pour 100 du poids de l'acide oléique mis en œuvre.

Les deux tiers des acides gras restés en solution alcoolique ne se laissent plus fractionner et simulent une substance définie fondant à 36°,5-37° ; cependant son indice d'iode est 79,2 (90,07 pour un acide oléique) et l'analyse élémentaire y accuse un déficit en carbone de 0,9 pour 100, ce qui s'explique aisément par la présence dans le mélange de 12 à 15 pour 100 d'acide oxystéarique. Nous avons alors essayé de le convertir en acide stéarolique, par le brome et traitement ultérieur à la potasse alcoolique. A 110° on n'enlève qu'un seul HBr, comme c'est la règle pour les acides gras non saturés de configuration *cis*. A 180° nous avons pu en débromer complètement une partie et obtenir un mélange d'acides stéaroliques dont on a isolé l'acide ordinaire $T_{9.10}$ et son isomère $T_{8.9}$, fusible à 47°,5 et donnant un dérivé diiodé d'addition fusible à 67°.

L'acide $T_{8.9}$ n'a pu se former qu'aux dépens de l'acide élaïdique $\Delta_{8.9}$ préexistant; nous apportons donc la preuve de l'isomérisation de l'acide oléique par déplacement de la double liaison. Contrairement aux idées de MM. Saytzeff ce déplacement a lieu dans le voisinage immédiat du neuvième carbone.

N'ayant pu isoler directement l'acide élaïdique $\Delta_{8.9}$, nous l'avons préparé par hydrogénation partielle du stéarolique correspondant ([1]). Tablettes à contour de parallélogramme, peu solubles dans l'alcool froid, fondant à 53° et donnant un dioxystéarique cristallisé en lames minces allongées, fusibles à 98°,5.

L'acide oxystéarique se trouve avec l'acide oléique régénéré dans les eaux mères alcooliques du sel de magnésie extrait de la partie huileuse. Ces eaux mères se séparent en deux couches dont la plus lourde, insoluble dans l'alcool froid, n'a pas encore été étudiée. De la couche surnageante on a isolé près de 30^g d'acide oxystéarique pur $C^{18}H^{36}O^3$, cristallisé en tablettes hexagonales peu solubles à froid dans l'alcool et l'éther, fusibles à 83°-84° et identiques au produit préparé par MM. Saytzeff par la méthode de Fremy.

L'acide isoléique de MM. Saytzeff n'est donc pas une individualité

([1]) *Comptes rendus*, t. 150, p. 1130.

chimique. En fixant sur l'acide oléique une molécule de HI et l'enlevant ensuite au moyen de la potasse alcoolique on provoque au moins trois réactions différentes : 1° transformation de l'acide oléique en son isomère stéréochimique; 2° déplacement de la double liaison vers le carboxyle; 3° remplacement de l'iode dans l'acide iodostéarique par un hydroxyle.

Si, par analogie avec les faits observés par nous sur les dérivés diiodhydriques de l'acide stéarolique ([1]), l'iode de l'acide iodostéarique n'est pas placé uniquement du côté du carboxyle, mais aussi du côté opposé, il doit nécessairement se trouver dans le mélange encore un autre isomère, soit élaïdique, soit oléique, ayant la double liaison déplacée à gauche, ainsi qu'un deuxième acide oxystéarique. Nous poursuivons ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le passage de quelques alcools hydroaromatiques aux phénols correspondants.* Note de M. **Léon Brunel**, présentée par M. Émile Jungfleisch.

J'ai fait connaître dans des Notes antérieures (*Comptes rendus*, t. CXXXVII, p. 1268; t. CXL, p. 252, et t. CXLI, p. 1245) comment, par fixation, en présence du nickel divisé, de 6^{at} d'hydrogène sur le thymol et sur le carvacrol, j'avais obtenu les alcools hexahydroaromatiques correspondants, le thymomenthol et le carvomenthol.

Pour qu'aucun doute ne subsistât sur la constitution de ces deux alcools, il restait à établir qu'au cours de l'hydrogénation catalytique des phénols, réalisée vers 160°, c'est-à-dire à une température notablement élevée et en présence d'un agent catalyseur, le nickel, qui s'était, dans nombre de cas, montré très actif, il n'y avait pas eu de transposition moléculaire dans la chaîne hydrocarbonée. Le groupement isopropylique, par exemple, aurait pu être atteint.

Je me suis proposé de lever toute hésitation sur ce point; dans ce but, j'ai ramené les deux alcools hydroaromatiques aux phénols qui avaient servi à les préparer.

I. Dans une première méthode, mise en œuvre seulement avec le thymomenthol, j'ai utilisé une réaction appliquée au menthol naturel par MM. Beckmann et Eickelberg (*Berichte chem. Ges.*, t. XXIX, p. 418).

([1]) *Comptes rendus*, t. 150, p. 1245.

A cet effet, le thymomenthol est oxydé à froid par l'acide chromique en solution acétique ; il se forme ainsi la thymomenthone. Cette cétone, mise en solution dans le chloroforme, est additionnée, par petites portions, de 4^{at} de brome pour 1^{mol}. Chaque addition provoque un abondant dégagement d'acide bromhydrique. Lorsque la réaction est terminée, on lave la solution chloroformique à l'eau et l'on distille pour chasser le chloroforme. Le résidu est un liquide huileux, jaunâtre, qui se prend bientôt en une bouillie cristalline. Les cristaux ont la composition d'une thymomenthone bibromée $C^{10}H^{16}Br^2O$; dissous dans l'alcool chaud, ils se déposent, par refroidissement de la liqueur, en gros prismes incolores, inodores, fusibles à 97°. Ce composé bromé est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool à froid, très soluble dans l'alcool à chaud.

La thymomenthone bibromée, chauffée pendant quelques minutes avec un excès de quinoléine, fournit, par perte de 2^{mol} d'acide bromhydrique, du thymol.

Ce composé est séparé de la quinoléine par des lavages à l'acide chlorhydrique étendu. Le résidu passe en presque totalité à la distillation entre 232° et 234°; il se prend bientôt, surtout lorsqu'on y projette un cristal de thymol, en une masse cristalline, fusible à 50°. L'analyse montre que sa composition est celle du thymol. Ces cristaux possèdent d'ailleurs l'odeur caractéristique du thymol et en présentent toutes les réactions; ils donnent notamment de l'aristol par l'action de l'iode en présence de soude.

II. Une deuxième méthode m'a fourni des résultats encore meilleurs; elle consiste dans la déshydrogénation catalytique, en présence de cuivre divisé et chaud, des alcools hydroaromatiques. MM. Sabatier et Senderens ont constaté qu'à haute température, entre 300° et 380°, en présence de cuivre réduit, le cyclohexanol et les hydrocrésols sont, pour une certaine partie, dédoublés en hydrogène et phénols correspondants (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8ᵉ série, t. IV, p. 373 et 466).

Avec le thymomenthol, le menthol naturel et le carvomenthol, j'ai constaté que ce dédoublement peut être total à une température notablement inférieure, voisine de 230°. Le cuivre, qui doit servir d'agent déshydrogénant, est introduit dans le tube à catalyse sous forme d'oxyde déposé sur de la ponce granulée. La réduction de cet oxyde de cuivre doit être effectuée vers 300°; en opérant à cette température, on évite d'avoir du cuivre réduit, trop actif au début, qui agirait sur les alcools hydroaromatiques en les dédoublant en carbures et eau.

L'alcool hydroaromatique étudié étant introduit dans le tube à catalyse, chauffé à 230°-240°, avec une vitesse de 3^g à l'heure, on constate au début, pendant une heure ou deux, que l'action déshydratante est particulièrement marquée, puis elle s'atténue rapidement pour disparaître bientôt complètement ; la déshydrogénation de l'alcool

hydroaromatique s'opère alors régulièrement. Les produits ainsi obtenus dans l'action catalytique déshydrogénante sont purifiés par distillation.

III. Dans le cas du thymomenthol et dans celui du menthol naturel, la presque totalité du liquide passe à 232°-233°. Le liquide ainsi obtenu se prend bientôt en une masse cristalline constituée dans les deux cas par du thymol pur. En effet, le produit fond à 50° et bout à 232°. Il présente à l'analyse la composition du thymol. Il donne la réaction de l'aristol. Le rendement en thymol avec le menthol naturel ou le thymomenthol est voisin de 85 pour 100.

La déshydrogénation catalytique du carvomenthol est plus lente. Il est nécessaire de passer à deux ou trois reprises le même liquide dans le tube. Finalement le produit obtenu passe presque entièrement à la distillation à 236°-237°; c'est un liquide huileux, à odeur de carvacrol, cristallisant vers 0°. L'analyse lui assigne d'ailleurs la composition du carvacrol.

Au début du fractionnement par distillation des produits de déshydrogénation par catalyse, il passe de l'eau et un carbure d'hydrogène $C^{10}H^{18}$: un menthène bouillant à 166°-168° dans le cas du thymomenthol ou dans celui du menthol, un carvomenthène bouillant à 174°-176° dans le cas du carvomenthol.

IV. Les recherches dont je viens d'exposer les résultats établissent que dans l'hydrogénation catalytique des phénols possédant une chaîne ramifiée, comme le thymol ou le carvacrol, celle-ci n'est pas modifiée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence accidentelle dans le lait de sulfocyanures et leur origine.* Note de MM. **Stœcklin** et **Crochetelle**, présentée par M. L. Maquenne.

Le 20 avril dernier, on soumettait simultanément aux deux établissements que nous dirigeons, pour procéder à son analyse, un échantillon de lait de vache dont la teinte rose chair rappelait la coloration des sels de manganèse.

Tandis que l'un de nous recherchait ce métal dans le lait, puis dirigeait ses investigations vers la bactériologie, supposant la couleur due à la présence d'une espèce microbienne, l'autre décelait une teneur exagérée des cendres en oxyde de fer et découvrait que la présence de sulfocyanure de ce métal était la cause de la coloration anormale du lait.

Y avait-on ajouté un poison? Le sulfocyanure était-il tombé acciden-

tellement dans le liquide, ce qui était possible, car le fait se passait dans un hôpital? D'où pouvait provenir, en dehors de ces deux causes, l'accident constaté?

Tels sont les points sur lesquels se portèrent nos recherches.

La coloration réapparaissant encore le lendemain 21 avril, il fallait rejeter l'hypothèse d'un accident fortuit. L'un de nous, s'occupant précisément des tourteaux de crucifères, pensa que l'essence de moutarde pourrait bien être l'origine du produit en question. Une enquête nous apprit que le fer pouvait facilement provenir du chaudron servant à la cuisson du lait. La laitière nous affirma d'abord ne donner à ses animaux que du seigle vert et du tourteau de lin garanti pur, puis elle nous fit remarquer que celui qu'elle employait alors ne lui semblait pas aussi beau que d'habitude et que son petit vacher qui croquait volontiers les tourteaux précédents ne voulait pas mordre à celui-là. Le tourteau, examiné au laboratoire, contenait en effet des quantités notables d'impuretés, notamment des crucifères : moutarde, navette, colza, cameline et des coques d'amandes.

Un essai nous montra que, après une heure de contact avec l'eau, 100^{g} de tourteau donnaient $94^{mg},6$ d'essence de moutarde. Chaque vache recevant par jour 3^{kg} de tourteau, pouvait ainsi produire dans son estomac $2^{g},85$ d'essence de moutarde en une heure ; cette essence pouvait ensuite se transformer dans le tube digestif en sulfocyanures alcalins et passer dans le lait. La laitière ayant continué, malgré notre avis, à donner du tourteau à ses vaches, mais en moindre quantité, on observa pour le lait la même coloration rouge, seulement un peu plus faible, dans la marmite de fer.

Ayant alors supprimé complètement le tourteau de la ration, pour certaines vaches, la coloration disparut rapidement; c'étaient précisément celles qui étaient d'introduction récente dans l'étable et qui, par conséquent, n'avaient reçu cette nourriture que pendant peu de jours. Au contraire, pour certains animaux, la présence des sulfocyanures persista longtemps, surtout pour deux d'entre eux, qui éprouvèrent de sérieuses indispositions.

Notons en passant que la recherche des sulfocyanures dans le lait est assez délicate : elle peut s'effectuer dans le lait entier ou dans son sérum au moyen de la réaction classique par le chlorure ferrique acide, sous réserve de certaines observations particulières. Dans le lait entier et surtout en présence de très faibles quantités de sulfocyanures, cette réaction colorée est fugace et souvent difficile à saisir, le coagulum formé entraînant une partie du sulfocyanure de fer. Dans le sérum obtenu à froid, après précipitation de la totalité de la caséine par le sel de fer, le sulfocyanure n'est décelé que s'il existe en quantité appréciable.

La présence des sulfocyanures dans le lait peut donc être attribuée à l'alimentation des vaches laitières avec des tourteaux de crucifères ou autres tourteaux falsifiés par des crucifères ; elle permet d'expliquer les accidents survenus à de jeunes bovidés et même à des nourrissons. L'un de nous s'occupe de rechercher comment se forme l'essence dangereuse et quelles sont les conditions qui favorisent ou entravent sa production.

BOTANIQUE. — *Sur le dégagement simultané d'oxygène et d'anhydride carbonique au cours de la disparition des pigments anthocyaniques chez les végétaux.* Note [1] de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai fait connaître dans une précédente Note [2] les résultats auxquels ont abouti nos recherches sur le rôle joué par l'oxygène dans la formation et la disparition des pigments anthocyaniques, et j'ai montré que de l'oxygène est fixé par les tissus dans lesquels ces composés prennent naissance, tandis que de l'oxygène est perdu par les tissus dans lesquels les pigments rouges sont en voie de disparition.

Les recherches que j'ai faites sur les échanges gazeux qui s'effectuent, au cours de la disparition des anthocyanes, entre l'atmosphère et les tissus, m'ont permis de constater que ces échanges sont de nature très particulière.

On sait que chez les plantes vertes ordinaires, exposées à la lumière, l'assimilation chlorophyllienne l'emporte sur la respiration, et que le résultat global des échanges qui s'effectuent entre la plante et l'atmosphère extérieure, dans ces conditions, est une diminution de la quantité de gaz carbonique contenue dans cette atmosphère et une augmentation de la quantité d'oxygène.

Or, chez les plantes dont les pigments anthocyaniques sont en voie de disparition, les échanges gazeux sont très différents.

Les expériences dont je vais exposer ici les résultats ont été faites en même temps sur des feuilles rouges d'*Ailantus glandulosa* récoltées au moment où le pigment qu'elles renfermaient était en voie de disparition, et sur des feuilles vertes de la même plante, chez lesquelles l'anthocyane avait complètement disparu.

Les résultats obtenus sont réunis dans le Tableau ci-après; ils sont rapportés à une surface foliaire de 1^{cm^2} et représentent les échanges gazeux ayant eu lieu pendant une heure; pour les expériences à la lumière, les feuilles ont été placées dans de l'air contenant 10 pour 100 de gaz carbo-

---

(1) Présentée dans la séance du 30 mai 1910.

(2) R. Combes, *Du rôle de l'oxygène dans la formation et la destruction des pigments rouges anthocyaniques chez les végétaux* (*Comptes rendus*, 9 mai 1910).

nique; pour les expériences à l'obscurité, elles ont été placées dans de l'air ordinaire.

	Feuilles rouges.	Feuilles vertes.
Échanges gazeux à la lumière.	CO^2 dégagé 0,00492	CO^2 absorbé 0,00900
	O dégagé 0,00720	O dégagé 0,01870
Échanges gazeux à l'obscurité (respiration).	CO^2 dégagé 0,00786	CO^2 dégagé 0,00320
	O absorbé 0,00507	O absorbé 0,00320

On voit que les feuilles rouges exposées à la lumière ont dégagé, en même temps que de l'oxygène, une forte proportion de gaz carbonique qui a échappé à la décomposition par l'assimilation chlorophyllienne. Il y a par conséquent, pour les feuilles rouges, pendant cette période du développement, à la fois perte de carbone et perte d'oxygène, cette dernière comprenant l'oxygène libre et l'oxygène contenu dans le gaz carbonique. On constate, d'autre part, que les feuilles vertes ont dégagé de l'oxygène mais qu'elles ont absorbé de l'anhydride carbonique. Il faut observer de plus que la respiration des feuilles rouges a été beaucoup plus active que celle des feuilles vertes.

Il résulte de ces faits que lorsque l'anthocyane est en voie de disparition, l'assimilation chlorophyllienne ne se produit pas normalement et qu'il y a alors un dégagement simultané d'oxygène et de gaz carbonique.

Ce phénomène n'a été signalé jusqu'ici que chez des plantes grasses telles que certaines espèces de Cactées et de Crassulacées.

En ce qui concerne les Crassulacées, Mayer (1) a montré que la principale source de l'oxygène dégagé à la lumière était la décomposition de l'acide isomalique contenu dans les tissus. Aubert (2) a également attribué à la décomposition des acides un rôle important dans les réactions qui aboutissent au dégagement simultané d'oxygène et d'anhydride carbonique observé par lui chez certaines Cactées. Enfin Mangin (3) a montré expérimentalement que la présence de certains acides organiques dans les tissus détermine, à la lumière, l'émission d'oxygène sans absorption corrélative d'anhydride carbonique.

Aubert a constaté que, chez les Cactées, le dégagement simultané d'anhy-

(1) Mayer, *Ueber die Sauerstoffausscheidung einiger Crassulaceen* (*Landwirthschaftl. Versuchs-Stationen*, t. XXI, 1880, p. 277).

(2) Aubert, *Note sur le dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique chez les Cactées* (*Comptes rendus*, 31 mars 1891).

(3) L. Mangin, *Sur les modifications apportées dans les échanges gazeux normaux des plantes par la présence des acides organiques* (*Comptes rendus*, novembre 1889).

dride carbonique et d'oxygène se produit lorsque la respiration est activée (par une température élevée) et l'assimilation ralentie (par un éclairement peu intense); le gaz carbonique émis en quantité notable par la respiration active n'est alors assimilé qu'en partie, l'assimilation étant faible, la plus grande partie se dégage donc dans l'atmosphère; quant à l'oxygène mis en liberté, il provient, pour Aubert, de l'acide malique détruit à la lumière.

Le phénomène semblable qui se produit au cours de la disparition de l'anthocyane paraît être dû à des causes analogues à celles qui ont été invoquées par Aubert à propos des Cactées. Dans les feuilles d'*Ailantus glandulosa* sur lesquelles les expériences ont été faites, la chlorophylle est en petite quantité, l'assimilation se trouve par conséquent assez faible; d'autre part, la respiration est très active ainsi que le montrent les expériences comparatives effectuées sur des feuilles rouges et sur des feuilles vertes; cette activité des échanges respiratoires est due à ce que les phénomènes de nutrition sont très intenses dans ces organes jeunes incomplètement développés. Une quantité importante d'anhydride carbonique est donc mise en liberté dans la respiration; une partie seulement de ce gaz carbonique est assimilée, et l'autre partie se dégage dans l'atmosphère.

Quant au dégagement d'oxygène, il doit être attribué à la décomposition du pigment anthocyanique. En effet, plusieurs auteurs ont mis en évidence l'existence de groupements acides dans la molécule des anthocyanes; tout récemment encore, Grafe [1] a caractérisé deux radicaux acides dans une anthocyane isolée par lui.

Or, une série d'expériences dont les résultats ont été exposés précédemment m'a permis de constater que la formation de ces composés acides est accompagnée d'une fixation d'oxygène, la destruction de ces mêmes composés mettant en liberté une certaine quantité de ce gaz. Par conséquent, l'anthocyane joue ici un rôle comparable à celui de l'acide malique dans le phénomène étudié par Aubert. C'est à sa destruction qu'il faut attribuer le dégagement d'oxygène qui accompagne le dégagement d'acide carbonique.

En résumé, nos expériences montrent que *le dégagement simultané d'oxygène et d'acide carbonique n'est pas particulier aux plantes grasses; ce phénomène est plus général et peut également se produire chez les végétaux dans lesquels des pigments acides sont en voie de disparition.*

---

(1) V. Grafe, *Studien über das Anthokyan* (*Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien;* Bd. CXV, Abt. I, 1906; et Bd. CXVIII, Abt. I, Juli 1909).

BOTANIQUE. — *Influence du terrain sur les variations de l'appareil sécréteur des Clusiacées.* Note (¹) de M. **H.-Jacob de Cordemoy**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans ses importantes recherches sur les canaux sécréteurs des plantes (1872 et 1885), M. van Tieghem fut le premier botaniste à bien faire connaître la structure et la localisation de l'appareil de sécrétion des Clusiacées. Il établit, en outre, que la disposition anatomique de cet appareil permettait de caractériser les divers genres de cette famille et contribuait à déterminer leurs affinités réelles.

Mais la constitution de l'appareil sécréteur n'échappe pas, autant du moins qu'on l'avait admis jusqu'ici, à l'influence des conditions de milieu. Des observations anatomiques faites sur des Clusiacées du nord-ouest de Madagascar (²) nous ont montré que ces conditions de milieu, principalement la nature et la composition du terrain, entraînent, chez des plantes de même espèce ou d'espèces très voisines, des variations parfois considérables dans la sécrétion résineuse, et qu'il en résulte des modifications très appréciables de la disposition, du nombre et des dimensions des organes renfermant les substances résineuses sécrétées.

Les Clusiacées étudiées appartiennent aux genres *Garcinia*, *Rheedia*, *Tsimatimia* (nov. gen.), *Symphonia*, *Ochrocarpus* et *Calophyllum*. Pour la plupart d'entre elles, nous possédions des indications précises concernant les diverses conditions du milieu où elles avaient poussé : nature du terrain ; stations humides ou sèches, dans les bois ou en forêts, sur les bords des torrents ou sur les plateaux ; altitude.

Or, l'influence possible de certaines de ces conditions de milieu a été envisagée en des travaux antérieurs : notamment par M. Léon Dufour, dans son étude expérimentale de l'action de l'intensité lumineuse sur les feuilles ou les tiges, et, plus récemment, par M. Maheu, dans ses recherches sur les plantes cavernicoles soumises à la fois à un faible éclairement et à une humi-

---

(¹) Présentée dans la séance du 23 mai 1910.

(²) Ces plantes nous ont été très obligeamment communiquées par M. le professeur Jumelle; elles proviennent des récoltes de M. Perrier de la Bathie. Ces deux auteurs en ont fait l'objet d'une étude descriptive qui paraîtra prochainement, en même temps du reste qu'un exposé détaillé des observations anatomiques que la présente Note résume.

dité parfois excessive. La conclusion de ces auteurs est, en somme, que les différences d'éclairement ou d'état hygrométrique ne font apparaître aucune modification notable dans la structure de l'appareil de sécrétion des plantes, sauf peut-être un certain élargissement des canaux sécréteurs à la lumière.

Mais les variations constatées chez nos Clusiacées consistent surtout dans l'augmentation du *nombre*, et aussi, avec une grande netteté pour certaines formes, dans l'accroissement des dimensions des organes composant l'appareil sécréteur de la tige et de la feuille. Nous sommes ainsi amené, en considérant l'influence des autres conditions de milieu seulement comme secondaire, à attribuer ces variations à l'action du sol, ou, en termes plus précis, à la nature et à la composition des terrains sur lesquels ces plantes ont poussé. Certaines de ces espèces, particulièrement plastiques, ont été rencontrées sur des terrains très différents et présentaient en conséquence un remarquable polymorphisme.

D'après le degré de développement de l'appareil sécréteur, défini surtout par le nombre et aussi par les dimensions des organes qui le constituent, nous avons donc réparti nos espèces de Clusiacées ou leurs formes en deux groupes :

1° Les *formes des terrains primitifs* (gneiss, schistes cristallins) ont constamment un appareil sécréteur développé.

Mais il y a, dans ce développement, deux modes à distinguer :

a. Dans une première série d'espèces, les formes du gneiss multiplient tout d'abord leurs canaux sécréteurs primaires, ceux de l'écorce et de la moelle, puis, un peu plus tard et avec une précocité variable, de nouveaux canaux, en plus ou moins grand nombre, se différencient dans le liber secondaire.

b. Dans une seconde série d'espèces, les formes du gneiss ont leurs canaux sécréteurs primaires, corticaux et médullaires, relativement réduits, du moins en nombre; mais alors, par compensation, il se forme, dans le liber secondaire, de nombreux et larges canaux disposés assez régulièrement en cercles concentriques et anastomosés en réseau dans chacun des cercles.

2° Les *formes des terrains sédimentaires* (calcaires, grès, schistes, sables) ont toujours un appareil de sécrétion réduit.

Cette réduction se manifeste tout d'abord parmi les organes sécréteurs primaires, ceux de l'écorce qui néanmoins persistent dans tous les cas, et surtout ceux de la moelle qui peuvent faire entièrement défaut; en outre, les canaux libériens se différencient tardivement et en petit nombre dans le liber secondaire.

Toutes ces variations de la disposition de l'appareil sécréteur de la tige sont accompagnées de modifications corrélatives dans la feuille: développement des organes de sécrétion filiaires dans les formes des terrains primitifs et réduction dans les formes des terrains sédimentaires.

La sécheresse du milieu détermine certainement chez plusieurs de ces plantes un appauvrissement de l'appareil sécréteur primaire, qui porte surtout sur les organes médullaires; car alors la moelle devient plus étroite, se sclérifie et ne renferme plus que de rares canaux qui, d'ailleurs, peuvent disparaître totalement. Mais, dans ce cas,

sur les terrains favorables, dans les formes du gneiss, par exemple, l'appareil libérien acquiert, par compensation, un développement relativement considérable; tandis que sur les sols gréseux ou calcaires, qui sont les plus défavorables, cette compensation ne s'observe pas, les canaux libériens sont toujours peu nombreux, et l'appareil sécréteur reste, en définitive, réduit dans toutes ses parties.

Pour certaines espèces, recueillies à des altitudes variant entre 800^{m} et 1700^{m}, l'activité de la sécrétion résineuse, toutes les autres conditions restant les mêmes, paraît diminuer à mesure que l'altitude s'élève.

Physiologiquement, ces variations de l'appareil sécréteur peuvent s'expliquer. Les substances résineuses étant considérées comme des produits d'excrétion, leur abondance est d'autant plus grande chez les plantes que la végétation est plus active. Or, c'est précisément ce qui a lieu pour nos Clusiacées qui paraissent rencontrer des conditions de végétation beaucoup plus favorables sur les terrains primitifs que sur les terrains sédimentaires.

Le *Calophyllum recedens* Jum. et Perr., seule espèce de ce genre que nous ayons examinée, constitue une exception : ses deux formes, l'une du gneiss et l'autre d'un calcaire jurassique, n'offraient que de faibles différences dans les caractères et la disposition de leur appareil sécréteur. Les *Calophyllum* sont peut-être moins influencés par les conditions de milieu.

En résumé, dans les mêmes conditions de milieu, les caractères et la disposition de l'appareil sécréteur de la tige et de la feuille des Clusiacées peuvent sans doute contribuer à la détermination anatomique des divers genres de cette famille. Mais si les conditions de milieu varient, la constitution de cet appareil offre elle-même des variations parfois considérables. Celles-ci se manifestent dans le nombre et les dimensions des organes de sécrétion, qui augmentent ou diminuent; et toutes ces modifications se produisent principalement sous l'influence de la nature et de la composition du terrain.

PHYSIOLOGIE. — *Résorption des tumeurs expérimentales de la souris sous l'influence des rayons X.* (Étude histologique). Note de M. **A. Contamin**, présentée par M. Bouchard.

Nous avons montré, dans une Note précédente [1], que, sous l'effet des rayons X, une tumeur greffée de souris pouvait se résorber rapidement.

---

(1) A. Contamin, *Rayons X et souris cancéreuses* (*Comptes rendus*, 29 déc. 1909).

L'examen histologique de ces tumeurs, en voie de résorption rapide, nous a permis de faire d'intéressantes constatations. Nos expériences ont été entreprises avec la tumeur B.

I. La tumeur B est constituée par un épithélioma glandulaire, de disposition lobulaire, à cellules petites (protoplasma peu visible, noyaux ronds ou ovales).

Le stroma est à fibre hyaline, grêle, infiltré de nombreuses cellules dont le protoplasma est invisible et dont les noyaux ont une tendance à prendre une forme allongée et en bâtonnet. Les grosses travées de ce stroma subdivisent la tumeur en gros lobules primaires; de ces grandes cloisons partent ces cloisons plus nombreuses et plus grêles, qui subdivisent les lobules primaires en lobules secondaires et tertiaires. Des suffusions sanguines se rencontrent parfois dans ledit stroma, quelquefois en plein lobule épithéliomateux.

II. Quand on examine cette tumeur, dans les 4 ou 5 jours qui suivent l'irradiation, voici généralement, ce que l'on constate :

Au sein des lobules de la tumeur, on voit apparaître des *cavités kystiques*. Le tissu épithélial, cependant, ne fait pas à ces kystes une paroi propre régulièrement tapissée par des cellules cubiques rangées en palissade ; celles-ci se sont simplement tassées, comme refoulées par le contenu. Les plus grands kystes sont souvent le siège d'hémorragies. On voit alors leur contenu constitué, partie par une nappe hémorragique, partie par une nappe granuleuse ; dans cette dernière, la nappe hémorragique pousse des pointes et fait des encoches circulaires ou triangulaires, ce qui prouve bien que l'hémorragie est un phénomène subséquent et secondaire.

Dans le reste de la tumeur, si des kystes ne se sont pas formés, il est du moins très net que le tissu du stroma est notablement plus abondant que sur la tumeur point de départ. Certains lobules se présentent avec des formations épithéliomateuses très réduites, fragmentées par le strome qui les subdivise en lobules plus petits, et même en menus groupes de cellules épithélioïdes.

On peut dire, somme toute, que les surfaces de la coupe, occupées par le tissu fibrillé, sont devenues supérieures à celles occupées par les lobules de cellules épithéliales. De plus, ces groupements épithéliaux ne sont plus en contact avec le stroma, les îlots de cellules désagrégées qui les composent s'étant comme rétractés.

Les coupes de tissu, non en voie de résorption, montrent, au contraire, une liaison étroite entre le stroma et le parenchyme ; il y a non seulement contact, mais, à l'examen des bandes de stroma, on constate une intimité telle qu'à un grossissement suffisant on voit des cellules intermédiaires ayant déjà pris l'hématéine, ayant déjà une forme moins allongée, plus cylindrique, qui semblent indiquer un trait d'union entre le parenchyme et le stroma.

L'examen des tumeurs, presque complètement résorbées, pratiqué environ huit jours après l'irradiation, ne montre généralement plus de formation kystique, mais seulement cette abondance du stroma.

III. Il est intéressant de noter cette évolution pseudo-kystique des tumeurs en voie de résorption sous l'influence des rayons X. On sait que la présence de kystes est une des caractéristiques de la bénignité des tumeurs. Mais, en réalité, les pseudo-kystes des tumeurs irradiées sont un simple résultat de la résorption, et ne peuvent être entièrement assimilés aux kystes véritables. Ces pseudo-kystes se retrouvent, d'ailleurs, dans les fragments de tumeurs greffées sur sujets immunisés et qui se résorbent (Bashford).

PHYSIOLOGIE. — *Études sur le venin de cobra et le sérum antivenimeux.* Note de Mlle **Boleslawa Stawska**, présentée par M. A. Dastre.

En comparant les courbes de pression carotidienne obtenues chez le lapin intoxiqué par injections intraveineuses de venin de cobra, on constate des différences absolues entre les effets des doses faibles et des doses fortes.

Pour les premières (1^{mg} de venin sec par kilogramme par exemple), à une période d'incubation sans troubles circulatoires graves, succède une période d'accidents cardiaques, dans laquelle on peut distinguer trois phases successives : 1° ralentissement du cœur avec augmentation considérable des oscillations cardiaques de la pression artérielle et conservation de la valeur de la pression moyenne; 2° augmentation considérable de la pression carotidienne; 3° chute rapide, mais progressive et non instantanée, de la pression conduisant à l'arrêt du cœur.

Pour les secondes (5^{mg} à 6^{mg} de venin sec par kilogramme par exemple), il se produit, presque aussitôt après l'injection, une chute brusque, instantanée de la pression artérielle, chute ayant la grandeur et les caractères de la chute de pression qu'on observe dans la réaction générale d'anaphylaxie ou d'intoxication protéique.

Pour des quantités intermédiaires (3^{mg} à 4^{mg} de venin sec par kilogramme par exemple), les effets se combinent; on note d'abord la chute de pression (chute d'intoxication protéique), puis le retour progressif de la pression à sa valeur primitive et enfin les accidents indiqués pour les faibles doses.

La chute primitive de pression, atténuée en grandeur et en durée, s'observe même avec les doses faibles : elle peut être considérée comme l'indice d'une intoxication protéique légère, distincte de l'intoxication venimeuse proprement dite. On relève d'ailleurs, dans un assez grand nombre, sinon dans la totalité des tracés respiratoires, au moment de la dépression artérielle, une accélération respiratoire généralement modérée et de courte durée, indice, comme la dépression, d'une légère intoxication protéique.

Si l'on injecte dans les veines du lapin 1^{mg} de venin sec (en solution à 1 pour 1000 dans l'eau salée) par kilogramme, on peut ne pas tenir compte de cette intoxication protéique dont les accidents apparaissent et s'évanouissent durant la période d'incubation de l'intoxication venimeuse proprement dite. Avec cette dose de venin, les accidents évoluent de la façon suivante : pendant 10 minutes, on ne note ni accidents respiratoires, ni accidents circulatoires; à ce moment, la respiration commence à se ralentir et à prendre les caractères de la respiration dyspnéique (contractions des muscles élévateurs des côtes et des muscles respiratoires de la face), le ralentissement et la dyspnée s'accentuant progressivement jusqu'à l'arrêt respiratoire qui se produit 20 minutes environ après l'injection du venin. Les troubles circulatoires apparaissent brusquement 15 minutes environ après l'injection du venin : ils présentent l'évolution ci-dessus décrite et se terminent, après une période d'affaiblissement progressif, par l'arrêt du cœur, de 22 à 25 minutes après l'injection.

Si, chez des lapins de 2^{kg} ayant reçu en injection intraveineuse 2^{mg} de venin, on injecte dans les veines 5^{cm^3} de sérum antivenimeux (dose plus que suffisante pour neutraliser *in vitro* les 2^{mg} de venin) à divers moments de la survie, on note les résultats suivants :

1° Si le sérum est injecté après l'apparition des modifications respiratoires et au début des accidents cardiaques, il est rigoureusement inefficace : les accidents évoluent avec les mêmes caractères et, à très peu près, avec la même vitesse qu'en l'absence du sérum; 2° les résultats sont les mêmes si le sérum est injecté après l'apparition des premiers changements respiratoires, mais avant l'apparition des troubles cardiaques; 3° si le sérum est injecté pendant la seconde moitié de la période d'incubation, avant l'apparition des premiers troubles respiratoires, l'évolution des accidents d'envenimation est modifiée : les changements respiratoires débutent bien au même moment qu'en l'absence du sérum, mais ils s'accentuent moins vite; les accidents cardiaques n'apparaissent qu'avec un important retard et les arrêts respiratoire et cardiaque sont très notablement retardés (40 minutes environ); 4° si le sérum est injecté pendant la première moitié de la période d'incubation, il empêche l'apparition des accidents et assure la survie de l'animal.

Or M. Arthus établit que les accidents essentiels de l'envenimation par le venin de cobra sont les accidents respiratoires, dont tous les autres dérivent (au moins pour la dose de 1^{mg} par kilogramme); donc, dans les conditions expérimentales que j'ai adoptées (et j'insiste sur cette réserve), le sérum antivenimeux n'est efficace que s'il est introduit dans l'organisme avant l'apparition, assez longtemps même avant l'apparition des accidents essentiels de l'envenimation. Le sérum antivenimeux se montre donc, dans les conditions expérimentales que j'ai adoptées (j'insiste encore sur cette réserve), dépourvu de toute action curative et ne possédant qu'une action préventive.

Les auteurs, qui ont cherché à élucider le mode d'action de l'antitoxine du sérum antivenimeux sur le venin, ont chauffé le mélange de venin et de sérum à 68° pendant 30 minutes, estimant qu'en opérant ainsi, ils ont détruit totalement l'antitoxine et respecté complètement le venin. Les méthodes d'analyse très précise auxquelles j'ai eu recours m'ont montré : 1° que le sérum antivenimeux ne perd totalement son activité antitoxique à 68° qu'à la condition d'être maintenu au moins 90 minutes à cette température, et qu'après 30 minutes il est seulement atténué; 2° que déjà après 30 minutes de chauffage à 68° le venin est légèrement atténué, très légèrement d'ailleurs, cette atténuation augmentant avec la durée du chauffage, pour être déjà très notable après 90 minutes; 3° qu'à la température de 68°, l'antitoxine agit encore sur le venin. Donc les expériences des auteurs n'ont pas la signification précise qu'ils leur prêtent. J'ai pu, en me plaçant dans des conditions plus parfaites que celles qu'ils avaient adoptées, établir que l'antitoxine agit réellement sur le venin et que cette action s'accomplit *in vitro* avec une très grande rapidité.

ANATOMIE. — *Sur les homologies des muscles du membre postérieur des Reptiles.* Note de M. **Fougerat**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le membre postérieur des Reptiles offre dans sa myologie une évolution à deux phases distinctes, savoir : 1° première phase (ou état de devenir) dans laquelle des muscles, tendons et ligaments, par l'association de leurs dispositions mal individualisées et non homologables constituent un ensemble de cordages en partie parasquelettiques. Cet ensemble est rationnellement organisé et jouit d'un certain degré d'indépendance à l'égard de la division des axes osseux sous-jacents; 2° deuxième phase (ou état devenu) dans laquelle des muscles tendons et ligaments sont au contraire caractérisés par leur dépendance étroite à l'égard de la division du squelette en axes principaux et par leurs attaches disposées et proximalement et distalement de façon à les maintenir appliqués sur ces derniers. De là découle pour eux une homologie manifeste. Les muscles tendons et ligaments demeurés dans la première phase ont deux centres de convergence : 1° un centre péricoxofémoral; 2° un centre rétropost-tarsien; et de l'un à l'autre de ces centres ils offrent des dispositions réciproquement complémentaires. Les autres, au contraire, parvenus à la deuxième phase, ont un seul centre de convergence : le genou. Mais des Sauriens aux Croco-

diliens et aux Chéloniens une évolution se dessine tendant à faire passer les dispositions non homologables de la première dans la seconde phase.

Cette évolution, contrairement à l'opinion d'A. Perrin (*Thèse de doctorat ès sciences*, 1893), ne dérive pas directement de la myologie plus primitive des Urodèles. Car chez ceux-ci il y a seulement deux ensembles de cordages parasquelettiques dont le premier englobe le bassin, dont le deuxième englobe le tarse. Par suite, le membre postérieur en s'hypertrophiant chez les Anoures devait forcément produire une soudure du bassin, un axe tibiotarsopédieux doublement coudé à parties inséparables et une réduction extrême ou suppression de la queue. Chez les Reptiles au contraire le double dégagement du bassin et du tarse, par des dispositions formant intersection, détermine dans les cordages musculotendino-ligamenteux les trois modes de convergence vers les trois centres déjà signalés. Ce dégagement rend dès lors possible l'évolution dans le sens Vertébré supérieur, car celle-ci a pour conditions essentielles au membre postérieur : 1° le rapprochement jusqu'à coïncidence entre la direction résultante de la puissance (poussée du membre) et la direction résultante de la résistance (pesée du corps); 2° la possibité pour les dispositions produisant l'état dynamique locomoteur d'assurer l'état statique dont il est précédé et suivi. Ces conditions ne sont pas encore réalisées chez les Reptiles et sans le dégagement dont il s'agit aucune d'elles ne pourrait être remplie pour permettre l'évolution des Reptiles aux Vertébrés supérieurs. En effet, par suite : 1° de la grande prépondérance de la masse du tronc sur la masse des membres; 2° des mouvements de latéralité truncocaudaux il y a : (α) situation appendiculaire du membre à côté du tronc; (β) sustentation centrale de celui-ci; (β) sustentation ventrale de celui-ci; (γ) nécessité de dispositions pour rabattre tout le membre au long de la queue; (δ) puis nécessité de bridements péricoxofémoraux, et enfin (ε) nécessité d'un arc-boutant latéral crurojambien.

Dès lors, parmi ces cordages qui chez les Urodèles vont du tronc au pied il faut chez les Reptiles des intersections de dégagement en deçà et au-delà de l'arc-boutant crurojambien. Celles existant en deçà permettent la locomotion par la seule poussée des membres (fait non réalisé chez les Urodèles); celles existant au delà sont compensatrices des bridements péricoxofémoraux; elles déterminent dans le pied des complexités extrêmes. En outre des liens unissent l'ensemble non homologable péricoxofémoral à l'autre non homologable rétropost-tarsien. Tout cela coïncide avec une incomplète division du travail entre les parties. Que maintenant insérées

aux os coxaux dégagés eux-mêmes du membre, certaines dispositions placent l'arc-boutant crurojambien dans un plan vertical, *ipso facto*, les parties produisant l'état dynamique locomoteur assureront l'état statique et l'évolution s'effectuera dans le sens Vertébré supérieur : les cordages désormais tous appliqués sur les axes squelettiques deviendront homologables en se simplifiant du fait de la division du travail. Celle-ci est en effet le facteur essentiel déterminant l'homologabilité. Ainsi s'établissent les homologies musculaires. Mais pour arriver à les comprendre et à élucider par suite la grosse question des homologies (importante puisqu'elle est la base de toute une science : l'Anatomie comparée), il est nécessaire d'étudier méthodiquement les dispositions non homologables. Or l'étude de ces dernières ne saurait être faite par la méthode traditionnelle d'isolement et de description d'entités anatomiques; car cette méthode seule utilisée dans tous les travaux relatifs à la myologie du membre postérieur chez les Reptiles est seule cause des données artificielles et des erreurs où aboutissent tous ces Ouvrages. La nécessité s'impose donc d'une autre méthode appropriée à la recherche des états de devenir ou dispositions non homologables. Celle employée dans la circonstance consiste à chercher les rapports des faits en tant que relativités causales et que relativités conséquentes. Elle se maintient systématiquement dans le domaine du relatif, seul domaine accessible aux données du transformisme et s'oppose nettement à la méthode traditionnelle dérivée des antiques croyances à un absolu préétabli, c'est-à-dire dérivée du causefinalisme. Cette nouvelle méthode est applicable non seulement à l'étude des muscles tendons et ligaments, mais encore à celle de dispositions d'un autre ordre existant non homologables chez les Sauriens, comme on le verra plus tard. Elle devrait être applicable pareillement à la recherche de toutes dispositions non homologables qui, à coup sûr, se montreraient, à seulement les chercher, nombreuses chez les Invertébrés.

BIOLOGIE. — *Sur quelques tropismes.* Note de M. **Rose**, présentée par M. Yves Delage.

Héliotropisme. — Nous l'avons étudié chez les Daphnies (*Daphne longispina*).

Dans l'eau ordinaire, à l'obscurité, les animaux prennent une répartition régulière. Si l'on éclaire le vase horizontalement, ils se groupent du côté le plus éclairé. Leur

héliotropisme est positif. Les acides $\left(HCl\,\frac{N}{500},\ SO^4H^2\,\frac{N}{500},\ \text{etc.}\right)$ renforcent cette action, mais surtout CO^2. Dans un vase qui en contient, les animaux nagent vers la source, littéralement embrochés par les rayons lumineux. $NaOH\,\frac{N}{500}$, $CaCl^2\,\frac{N}{250}$ laissent les animaux très positifs. L'urée $\frac{N}{50}$ les rend très positifs, de même l'urate de potassium, un peu moins actif cependant. $KCl\,\frac{N}{300}$ diminue fortement et même détruit la réaction. $MgCl^2\,\frac{N}{250}$ l'affaiblit également.

Les substances qui prennent naissance dans le corps semblent exagérer l'héliotropisme.

L'âge influe sur le sens de la réaction; ainsi de vieilles Daphnies sont souvent négatives dans des conditions où les jeunes sont très positives.

L'intensité lumineuse a aussi un grand rôle; une intensité trop forte peut renverser le sens de la réaction. Ce sont les radiations violettes, bleues, un peu les vertes qui sont actives; la partie jaune et rouge du spectre est sans action directrice.

La température a une grosse influence sur le sens de l'héliotropisme. Au-dessous de 18°,5, les Daphnies sont positives pour la lumière solaire directe. Au-dessus de 22°,4, elles sont négatives. De 18° à 22°, il y a une zone critique où le tropisme s'atténue fortement ou disparaît. Mais, dans cette zone, les animaux sont très sensibles aux moindres variations d'intensité lumineuse.

Sensibilité lumineuse différentielle.

Toute variation lumineuse brusque produit un déplacement vertical des animaux en expérience. Si l'intensité croît brusquement, ils s'enfoncent; si elle décroît, ils s'élèvent. La variation doit être brusque et atteindre au moins une certaine valeur qui est fonction de l'intensité originelle de la source.

La loi de Weber s'applique intégralement aux oscillations verticales des Daphnies. L'intensité doit toujours varier de la même fraction de sa valeur pour produire un déplacement vertical.

Une bougie à $1^m,50$ doit être rapprochée brusquement de 10^{cm} pour produire un déplacement vertical; un bec papillon, une lanterne à acétylène, un bec Auer, 4 bougies doivent être déplacées respectivement de 30^{cm}-35^{cm}, 50^{cm}, 75^{cm}-80^{cm}, 35^{cm}-40^{cm} pour arriver au même résultat. Les intensités relatives sont 1; 3,097; 4,84; 7,64; 4.

Thermotropisme.

Il semble net chez les Daphnies. Si l'on chauffe par-dessous, avec un dard de chalumeau, un vase qui en contient, on les voit se précipiter comme des flèches sur le point chauffé.

Sensibilité thermique différentielle.

Toute variation thermique brusque provoque un déplacement vertical. Si la tem-

pérature grandit brusquement, il y a chute instantanée; si elle baisse, les Daphnies s'élèvent, mais moins vite. Une variation continue et lente n'agit que très tard. La loi de Weber doit encore s'appliquer.

La répartition verticale des Daphnies est fonction : 1° de l'intensité lumineuse; 2° de la température des couches d'eau superposées.

Ces deux actions doivent contribuer dans une large mesure à régler le niveau de flottaison d'un grand nombre d'animaux planktoniques.

Galvanotropisme.

A peu près nul chez les Daphnies, il est très net chez les *Gammarus* d'eau douce, les Gardons, les Lymnées.

Les *Gammarus* se portent au pôle négatif, les Gardons au pôle positif. Le courant peut permettre la séparation des deux espèces dans un aquarium.

Si l'anode est garnie de pointes, les Gardons se précipitent sur elle, s'embrochent et se tuent; pour un courant convenable, si l'anode est un filet métallique souple, ils se jettent dans l'engin et se prennent.

Stéréotropisme.

Très intense chez *Gammarus*. On peut faire un piège à *Gammarus* en repliant une toile métallique plusieurs fois sur elle-même.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la symbiose du bacille butyrique en culture avec d'autres microbes anaérobies.* Note de M. G. SELIBER, présentée par M. E. Roux.

Nous avons voulu étudier les conditions de culture et les modifications qui se produisent dans les produits de fermentation quand on cultive en symbiose le bacille butyrique avec les bacilles perfringens et putrificus.

Les milieux de culture employés ont été :

Milieu A.

Petit lait	1^l
Glucose	15^g
Peptone Chapoteaut	10^g
Gélatine	3^g

Milieu B.

Solution nutritive minérale de Grimbert (¹).	1^l
Peptone Chapoteaut	$2^g,5$
Glucose	20^g

(¹) *Ann. de l'Institut Pasteur*, t. VII, 1893, p. 359.

Milieu C.

Milieu B auquel on ajoute 7g,5 de peptone.

Milieu D.

Milieu B auquel on ajoute 12g,5 de peptone.

La plupart de ces milieux avaient la réaction alcaline, mais en outre ils contenaient du carbonate de calcium précipité. Les cultures étaient pratiquées en série selon la technique déjà indiquée ([1]) et ensemencées simultanément avec des germes de cultures jeunes (18 à 24h) de chaque microbe.

La vigueur du développement du bacille butyrique était jugée d'après la quantité d'acides volatils formés, l'examen microscopique servant de contrôle.

I. Le bacille putrificus en symbiose butyrique se développe bien dans le milieu C (en présence de carbonate de calcium) ainsi que dans le milieu D. Ce développement se manifeste par l'odeur caractéristique dégagée des cultures et par la diminution de la quantité des acides volatils de la fermentation butyrique.

Le bacille perfringens en symbiose butyrique se développe bien dans le milieu D (expérience sans carbonate de chaux).

Au contraire dans les autres milieux (A et B), le bacille butyrique prend le dessus sur les bacilles perfringens et putrificus.

II. Si, dans certaines conditions de milieu, le bacille butyricus en symbiose avec les microbes cités arrête leur développement, ces microbes à leur tour, peuvent avoir une influence sur les produits de la fermentation butyrique (acides volatils).

Le Tableau ci-après montre quelques valeurs d'acides formés avec ou sans symbiose. La quantité d'acide mesurée dans chaque analyse est exprimée par le nombre de centimètres cubes d'eau de chaux employés pour la neutralisation de 100^{cm^3} distillés pour la détermination des acides d'après la méthode de Duclaux : 21^{cm^3} de cette eau de chaux correspondant à 10^{cm^3} de $SO^4H^2\frac{N}{10}$.

([1]) *Comptes rendus* du 17 mai, p. 1267.

Série I. — *Cultures en milieu* B *avec* CO^3Ca.

					Durée.
Bac. butyricus (4 cultures pures)	56,2	58,7	56	58,6	7 jours
Bac. butyr. + bac. perfringens (4 cultures)	54,8	55,4	64,9	72,8	Id.
Bac. butyr. + bac. putrificus (4 cultures)	55,3	61,9	64,9	71,8	Id.

Série II. — *Cultures en milieu* C *avec* CO^3Ca.

Bac. butyricus (4 cultures pures)	55,8	55,8	57,8	53,8	7 jours
Bac. butyr. + bac. perfringens (3 cultures)	59,9	66,1	67,9	»	Id.
Bac. butyr. + bac. putrificus (3 cultures)	42,5	47,3	47,3	»	Id.

Série III. — *Cultures en milieu* A *avec* CO^3Ca.

Durée de la fermentation :	3 jours.	4 jours.	7 jours.
Bac. butyrique pur (4 cultures)	69,8	92,4	90 et 95,3
Bac. butyr. + bac. perfringens (2 cultures)	»	126,6	139,6
Bac. butyr. + bac. putrificus (2 cultures)	77,5	»	113,9

Cultures pures de 7 jours de bacilles : perfringens 18,5
» » » : putrificus 21,3

En comparant les chiffres d'acidité obtenus avec les cultures en symbiose (3 à 7 jours) aux chiffres correspondants obtenus avec les cultures de bacille butyrique pur, on constate que, dans un grand nombre de cas, la quantité d'acides volatils a augmenté dans les cultures symbiotiques.

Dans ces cultures, l'emploi de la méthode de Duclaux a permis de différencier la nature des acides volatils :

Moyennes des rapports de Duclaux pour la série II.

Volumes distillés.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
Bac. butyr. + bac. perfringens	37,4	47,9	57,5	66,7	74,8	83,0	90,5	100
Bac. butyr. pur	35,2	45,9	55,1	64,5	73,5	82,5	90,2	100
Bac. butyr. + bac. putrificus	33	42,0	51,8	61,0	69,0	79,0	87,8	100

Il résulte des rapports que nous venons de citer que, dans les cultures symbiotiques (butyrique + perfringens), l'acide butyrique se trouve en plus grande quantité dans les cultures symbiotiques (butyrique + putrificus) où le développement du bacille putrificus gêne la fermentation butyrique, l'acide butyrique se trouve en moindre quantité.

Les cultures en symbiose, où le bacille butyrique arrête le développement des bacilles perfringens et putrificus, offrent presque toujours une augmentation de la quantité d'acides volatils dans leurs produits de fermentation.

Cette augmentation peut être causée par un accroissement de la fonction fermentative du bacille butyrique en symbiose. Il est possible aussi que les autres microorganismes donnent eux-mêmes au début de leur développement une petite quantité d'acides; dans ce cas, la mesure des rapports de Duclaux devrait donner pour les cultures symbiotiques des chiffres inférieurs à ceux du bacille butyrique pur [1]. Or, dans nos essais de symbiose, ces chiffres sont le plus souvent supérieurs ou égaux aux chiffres obtenus avec les cultures butyriques pures. C'est pourquoi on est en droit de conclure que le bacille butyrique produit en symbiose une acidité totale plus grande ou bien qu'il produit de l'acide butyrique en plus grande quantité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la variabilité du pouvoir protéolytique de la bactéridie charbonneuse.* Note de M. **Jean Bielecki**, présentée par M. E. Roux.

Pour étudier l'activité protéolytique de la bactéridie charbonneuse on l'ensemence dans un milieu nutritif; après développement on arrête la culture par addition d'un peu de toluène, et l'on plonge dans celle-ci l'extrémité de petits tubes gradués de 1^{mm} de diamètre intérieur remplis de gélatine. La hauteur de gélatine dissoute en un temps donné, appréciée en fractions de millimètre, mesure le pouvoir diastasique de la culture [2].

La première constatation qui frappe dans ces expériences c'est l'inconstance de la faculté protéolytique des bactéridies, même lorsqu'elles sont cultivées dans les milieux identiques et qu'elles sont issues d'une seule colonie [3]. C'est là une difficulté considérable lorsqu'on veut étudier systématiquement l'influence de la composition du milieu sur cette fonction de la cellule.

J'ai cherché comment on pouvait expliquer cette inconstance et tourner la difficulté. Il est vraisemblable que dans une culture se trouvent des bactéridies douées à un degré différent du pouvoir protéolytique, et j'ai voulu essayer de les sélectionner par des ensemencements successifs [4].

---

(1) *Comptes Rendus* du 17 mai, p. 1268.

(2) Malfitano, *C. R. Soc. de Biol*, 9 janvier 1904.

(3) Mlle E. Lazarus, *C. R. Soc. de Biol.*, 22 mai 1909.

(4) Ces recherches sont la continuation du programme d'études sur la protéolyse microbienne, que M. Malfitano poursuit avec quelques collaborateurs à l'Institut Pasteur depuis 1898.

Expérience. — Cinq tubes de peptone Defresne à 2 pour 100 sont ensemencés uniformément avec des bactéridies puisées dans une même colonie; après 3 jours de développements à 36° le pouvoir protéolytique de 5 cultures est :

a 2,8; *b* 3,5; *c* 4,0; *d* 2,5; *e* 4,2. Moyenne 3,4.

Avant la mesure de l'activité protéolytique chacune de ces cultures était à son tour ensemencée dans de nouvelles séries de 5 tubes.

On a choisi le terme *e* comme le plus et le terme *d* comme le moins protéolytique, et l'on a examiné parmi les nouvelles séries celles ensemencées avec *e* et *d*. Avant d'y plonger les tubes de gélatine on avait prélevé la semence pour les séries successives. Voici les résultats :

ea 6,2; *eb* 0; *ec* 0; *ed* 1,2; *ee* 3,5. Moyenne 2,1.
da 5,7; *db* 0; *dc* 2,0; *dd* 0; *de* 6,4. Moyenne 2,8.
eaa 2,0; *eab* 1,4; *eac* 1,4; *ead* 1,6; *eae* 1,9. Moyenne 1,6.
dba 1,8; *dbb* 1,8; *dbc* 1,8; *dbd* 1,8; *dbe* 1,9. Moyenne 1,8.

On voit que les moyennes de ces séries ne diffèrent pas sensiblement entre elles et sont inférieures à celles de la culture primitive.

Au lieu de réussir à sélectionner les bactéridies on aboutit à des cultures moins actives. Des tentatives pareilles avec d'autres races de bactéridies cultivées dans des solutions de différentes peptones n'ont pas donné un meilleur résultat. La présence de la peptone dans les milieux paraît entraîner une perte de l'activité protéolytique; et j'ai pu le constater encore mieux en m'adressant à des races récemment isolées d'autopsie d'animaux charbonneux. Les cultures successives étaient dans ce cas de plus en plus abondantes et de moins en moins protéolytiques.

Dans le milieu Frænkel qui ne renferme pas de peptone, le pouvoir protéolytique de la bactéridie persiste davantage et va même en augmentant dans les cultures successives. Celles-ci ne peuvent être réussies qu'en alternant les cultures en milieu Frænkel avec les cultures en milieu peptoné.

Voici les chiffres exprimant le pouvoir protéolytique après 4 jours de séries de cultures faites alternativement et successivement dans ces différents milieux :

Peptone Defresne....	3,7	2,6	2,6	3,7	Milieu Frænkel..	0,2	1,9	2,8	2,9
» Witte alc...	0	0	0,2	0,3	» ..	0,8	1,2	1,3	2,0
» Witte acide.	4,0	3,4	3,2	3,8	» ..	0,5	1,6	1,9	2,6

Le pouvoir protéolytique croît-il au fur et à mesure que les vieilles cellules se désagrègent par autolyse et des nouvelles se développent dans les milieux? S'il en est ainsi, les vieilles cultures doivent être plus protéolytiques

que les jeunes. Cela ne se vérifie pas toujours. Au contraire, j'ai pu mettre en évidence le fait que par une autolyse avancée des cellules préexistantes d'une part et par le développement de nouvelles générations de cellules d'autre part, le pouvoir protéolytique peut soit augmenter, soit diminuer.

Expérience. — Une série de cultures est partagée en trois lots : le premier est placé dans la glace pour arrêter le développement, les deux autres sont chauffés à 45°-50° de 1 à 4 heures. Une partie de ces tubes chauffés, où les bactéridies étaient fortement autolysées, était mise dans la glace, l'autre partie à l'étuve où les spores germent et donnent une nouvelle génération de bactéridies. Ensuite on examine comparativement le pouvoir protéolytique de toutes ces cultures.

On aurait pu croire que dans les trois lots successifs le pouvoir protéolytique aurait dû aller en augmentant; il n'en est rien. Telles cultures étaient plus actives après le chauffage et telles autres moins actives. Tantôt le développement de nouvelles cultures augmentait le pouvoir protéolytique et tantôt il l'abaissait jusqu'à l'abolir complètement.

Les produits de l'autolyse peuvent donc gêner l'activité diastasique; les nouvelles cellules peuvent détruire la diastase formée par les générations précédentes.

Bien que l'expérimentation ait été ramenée à des conditions relativement simples, ces phénomènes de la protéolyse microbienne sont encore très compliqués. Il n'est pas inutile que ces faits soient connus pour éviter les difficultés que présente leur étude.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains paléozoïques de la Nouvelle-Zemble.* Note de M. V. **Roussanof**, présentée par M. A. Lacroix.

Les terrains paléozoïques les plus anciens de la Nouvelle-Zemble se trouvent sur la côte Est, le long de la mer de Kara. Ce sont surtout des schistes argileux ayant de 1000^m à 1500^m d'épaisseur au moins. Ces schistes, très plissés et disloqués, sont orientés généralement NNE ou NE, comme tous les autres terrains paléozoïques de l'île.

En l'absence de données paléontologiques et en me basant sur les caractères stratigraphiques et lithologiques, j'attribue ces schistes au Silurien inférieur ou même peut-être au Cambrien.

En effet, au centre de la Nouvelle-Zemble, vers le 74e degré de latitude, sur une petite presqu'île, au fond du golfe Nesnaemy, ces schistes semblent passer sans discordance aux schistes verdâtres à *Gonioceras*, genre de Céphalopodes, complètement

inconnu en Europe, mais très caractéristique du Silurien inférieur de l'Amérique du Nord.

Les schistes à *Gonioceras* sont à leur tour surmontés par une bande de 12m d'épaisseur de schistes gris foncé, quelquefois bruns, à *Calymene clintoni* Vanux., *Prœtus* cf. *waigatschensis* Tschern., *Leperditia formosa* Barr., *Beyrichia* cf. *Hallii* Jones, *Orthoceras decipiens* Barr., *O. Richteri* Barr., *O. truncatum* Barr., *O. Bohemicum* Barr., *O.* cf. *imbricatum* Wahl., *O.* cf. *Steiningeri* Barr., *O. rectiannulatum* Hall., O. *amplicameratum* Hall., *O.* cf. *multiseptum* Hall., *O.* cf. *latiannulatum* Hall., *Cyrtoceras normatum* Barr., *C. Stygiale* Barr., *C. imbricans* Barr., *C. consimile* Barr., *C. contrastans* Barr., *C.* cf. *latens* Barr., *C.* cf. *medullosum* Barr., *C. simulans* Barr., *C. neleus* Hall., *C. multicameratum* Hall., *C. Houghtoni* Clarke, *Oncoceras Carveri* Clarke, *On. plebeium* Hall., *On.* cf. *minesotens* Clarke, *Triptoceras* cf., *planodorsatum* Whit., *Planitrocus amicus* Barr., *Cyclotropis indocilis* Barr., *Straparollus sodalis* Barr., *Callomena amabile* Barr., *Phymatifer plicatulus* Barr., *Sinuspira tenera* Barr., *Murchisonia vittata* Hall., *Avicula* cf. *pseudomira* Barr.

Cette faune a un caractère mixte, mais les espèces de l'étage E 2 (Silurien supérieur) de Barrande dominent sur les formes voisines du Silurien inférieur de l'Amérique du Nord.

Puis viennent des couches franchement gothlandiennes à Céphalopodes très spéciaux : *Karoceras* n. g. (*Cyrtoceras*) *laminare* Barr., avec *Cyrtoceras velox* Barr., *C. abditum* Barr., *C. omissum* Barr., *C. decipiens* Barr., *C. retroflexum* Barr., *C.* cf. *Alina* Barr.

Les terrains siluriens se terminent, sur la côte Ouest de la presqu'île du golfe Nesnaemy, par des schistes à *Strophomena corrugatella* David et à *Orthoceras decipiens* Barr.

Plus à l'Ouest, à l'intérieur de l'île, on trouve des couches isoclinales abrasées et maintes fois répétées d'un calcaire coralligène. Ces couches appartiennent au Dévonien inférieur et au Dévonien moyen.

Sur le bord de l'océan Glacial, au milieu d'une presqu'île que j'ai nommée *presqu'île du Glacier*, j'ai trouvé un gisement très fossilifère. Là, des calcaires noirs contiennent :

Orthoceras annulatum Sow., *O. urbanum* Barr., *O.* cf. *Vicarii* Whidb., *Cyrtoceras citum* Hall., *Trochoceras obliquatum* Philipps, *T. distortum* Barr., *T.* cf. *Vicarii* Whidb., *T.* cf. *Barrandei* Hall., *Nautilus insperatus* Barr., *Phragmoceras* n. s., *Bellerophon Hicksii* Whidb., *B. Thalia* Hall., *Pleurotomaria sulcomarginata* Hall., *P. neapolitana* Whidb., *Michelina depressa* Rœm., *Euomphalus* cf. *circularis*

---

(1) Roussanof, *Sur le Silurien de la Nouvelle-Zemble* (*Comptes rendus*, 12 juillet 1909).

Philipps, *Avicula ala* Barr., *Cyathophyllum Sedgwicky* Mil. Edw., *Favosites gothlandica* Lin., *F. asper* d'Orb., *F. Goldfussi* d'Orb., *Aulopora serpens* Goldf.

J'ai observé dans la partie occidentale de la Nouvelle-Zemble, sur la côte Nord du golfe Krestovaïa, à l'ouest de la montagne Stanovaïa, une falaise de calcaire gris anthracolithique à *Productus cora* d'Orb., *P. tenuistriatus* Verneuil, *P. lineatus* Waagen, *P. gruenwaldti* Krotow, *P. impressus* Toula, *Athyris ambigna* Sow., *Posidonella variabilis* Brown. Ce sont des fossiles de l'étage ouralien et de l'étage permo-carbonifère de géologues russes.

J'ai trouvé un autre gisement anthracolithique dans le golfe Machiguina, à 80^{km} au nord du précédent. C'est un calcaire gris à *Productus* cf. *cancriniformis* Tschern., *Spirigera ambigna* Sow., *Dielasma boliviens* Morton, *Fenestella* cf. *Morrisii* M. Coy.

Un troisième gisement de même âge, avec des fossiles admirablement conservés, m'a été signalé par un botaniste, M. Simanovsky, sur la même côte occidentale, au sud du Matolchkin-Char, en amont d'une petite rivière Pestchanka, à une centaine de kilomètres au sud du gisement du golfe Krestovaïa. Malheureusement je n'ai pu encore explorer ce gisement; M. Simanovsky m'a donné un échantillon de *Cyathophyllum timanicum* Lebedew. Ce fossile est caractéristique du Carbonifère de la chaîne du Timane. On avait souvent rapproché le Timane de la Nouvelle-Zemble, mais jusqu'à présent sans aucune raison paléontologique sérieuse.

L'épaisseur des couches anthracolithiques ne paraît pas moins grande que celle des couches du Dévonien; elle atteint certainement plusieurs centaines de mètres.

La grande épaisseur de toute cette série sédimentaire, son uniformité lithologique et paléontologique du Nord au Sud, dans le sens longitudinal de l'île, en opposition avec les changements brusques des facies dans le sens transversal, de l'Est à l'Ouest, enfin l'existence de roches métamorphiques, comme des micaschistes dans le golfe Sulmeneva du Nord, nous paraissent démontrer l'existence d'un ancien géosynclinal, orienté, pendant les temps primaires, dans le sens de l'allongement actuel de la Nouvelle-Zemble.

Au Silurien inférieur et moyen, des couches très épaisses ont été déposées dans une mer profonde à *Orthoceras*.

A la fin du Silurien et surtout au Dévonien, la profondeur de la mer à *Cyrtoceras* et *Trochoceras* paraît être considérablement diminuée et les récifs coralliens d'une mer chaude prospèrent sur l'emplacement actuel de l'océan Glacial. La mer Anthracolithique à *Productidés* ne paraît pas avoir été plus profonde que la mer Dévonienne à *Favositidés*.

Une discordance importante sépare les couches du Dévonien moyen et de l'Anthracolithique; elle se révèle aussi bien par les données paléontologiques que par les observations stratigraphiques. On constate dans la série paléozoïque une lacune au-dessus du Dévonien moyen. Parmi les 212 espèces fossiles que j'ai déterminées, je n'en peux citer, avec certitude, aucune qui appartienne exclusivement soit au sommet du Dévonien, soit à la base du Carbonifère. Sur beaucoup de points du bord occidental de la Nouvelle-Zemble j'ai pu observer, en effet, des conglomérats et des brèches très épaisses, séparant le Dévonien moyen de l'Anthracolithique.

Des diabases basiques et très altérées sont largement développées au nord et au sud du 74e degré de latitude. Sur la presqu'île du Glacier, les filons de diabases s'entrecroisent en réseau à travers les calcaires. Ces diabases, étant plus récentes que les calcaires, leur âge est probablement anthracolithique supérieur. D'ailleurs ces roches éruptives sont redressées et quelquefois plissées par un mouvement orogénique intense. L'intrusion des diabases doit être contemporaine des plissements hercyniens.

GÉOLOGIE. — *Un horizon fossilifère dans le Muschelkalk de Bourbonne-les-Bains* (*Haute-Marne*). Note de M. **A. Doby**, présentée par M. Henri Douvillé.

Dans les Vosges méridionales, le Muschelkalk se distingue par la pauvreté de sa faune et même, dans la région de Bourbonne-les-Bains, il a longtemps passé pour dépourvu de fossiles; récemment nous avons découvert dans une carrière ouverte à 600^m à peine de la ville, au lieu dit *Les Joyeux*, un banc fossilifère, aussi remarquable par le nombre que par la taille des individus.

Le tableau suivant montre le niveau qu'occupe ce banc fossilifère dans la série des couches constituant le Muschelkalk, au sud-ouest de Bourbonne-les-Bains :

Kohlenkeuper : *Lettenkohle*.

2. Grès jaunâtre à grain fin (8^m).
1. Argile grise, avec traces charbonneuses ($1^m,50$).

Muschelkalk supérieur : *Assise supérieure* (31^m).

8 (altitude 329^m). Calcaire gris de fumée (*Nautilus*, *Pecten*), en bancs de $0^m,15$ à $0^m,40$ (5^m).

7. Marne schisteuse et calcaire feuilleté bleuâtre (2^m).

6. Calcaire blanc jaunâtre, parfois silicifié, avec agates, en dalles de $0^m,02$ à $0^m,05$ (12^m).

5. Calcaire en bancs minces, décalcifié à l'affleurement (8^m).

4. Sable et calcaire feuilleté (2^m).

3. Argile jaune ($0^m,60$).

2. Sable calcaire cristallin, avec polypiers? ($1^m,25$).

1. *Zone à Pemphyx.* Calcaire sableux avec *Pemphyx*, *Myophoria*, *Mytilus*, *Lima*, *Avicula*, *Hörnesia*, *Chemnitzia*, *Natica* ($0^m,15$).

Assise inférieure (25^m).

8 (altitude 298^m). Calcaire fissile, grenu et subcristallin, en bancs de $0^m,10$ à $0^m,15$ ($1^m,50$).

7. Calcaire compact, gris de fumée, avec druses tapissées de cristaux rhomboédriques (*Lima striata*), en bancs de $0^m,05$ à $0^m,56$ (5^m).

6. Calcaire blanc crayeux, empâtant des cristaux de calcite ($1^m,20$).

5. Sable et gravier ($2^m,50$).

4. Calcaire roux en bancs de $0^m,25$ à $0^m,30$, avec débris de Sauriens (2^m).

3. Calcaire en plaquettes, avec enduit manganésé et nombreux granules mangano-ferreux ($1^m,50$).

2. Bancs de $0^m,05$ à $0^m,10$ de calcaire sableux scoriacé, souvent fragmenté, avec intercalations, à divers niveaux, de sable calcaire et de gravier. Silex à la base (10^m).

1. Brèche calcaire (2^m) et sable oolithique ($0^m,30$).

MUSCHELKALK MOYEN : *Assise supérieure* (9^m).

3. Dolomie grenue vacuolaire, gris verdâtre, à *Encrinus liliiformis* et dents de Poissons (*Acrodus minimus*), en dalles de $0^m,05$ à $0^m,10$ ($3^m,20$).

2. Calcaire dolomitique, gris rosé, en bancs de $0^m,30$ à $0^m,40$, séparés par des argiles vertes ($4^m,10$).

1. Sable quartzeux à grain fin ($1^m,50$). Marnes et dolomie en plaquettes ($0^m,20$).

Assise inférieure (50^m).

2. Marnes bariolées, avec gypse, sans sel gemme (45^m).

1. Marnes schisteuses alternant avec des psammites micacés schistoïdes (5^m).

Le niveau fossilifère, récemment découvert, se trouve à la cote 298^m. Ce niveau paraît constant, aussi l'avons-nous pris pour base d'une nouvelle division du Muschelkalk supérieur en deux sous-étages, un peu différente de celle adoptée par l'auteur de la *feuille de Langres*. Les vestiges d'organismes apparaissent à la partie inférieure d'une couche de sable, consolidée, sur une épaisseur de $0^m,06$ à $0^m,15$ en calcaire sableux, reposant sur une

dolomie grenue et subcristalline, dont la surface porte des traces nombreuses d'érosion et des débris d'Algues de la famille des Dasycladées, probablement du genre *Diplopora*. Une couche d'argile jaune, épaisse d'environ 0^m,60, recouvre le banc de sable. Dans ce calcaire où les eaux météoriques pénètrent facilement, le test des Mollusques a subi une dissolution complète, et si les moules et empreintes des coquilles ont été en partie épargnés, c'est grâce aux 0^m,60 d'argile qui le recouvrent, car partout où la couche argileuse fait défaut, on ne trouve plus que des empreintes informes et indéterminables.

Outre ce banc fossilifère, nous avons rencontré, à divers niveaux dans les calcaires du Muschelkalk, d'autres fossiles, mais en petit nombre, parmi lesquels *Encrinus liliiformis* dans la dolomie verdâtre couronnant le Muschelkalk moyen et, plus haut, *Lima striata* dans un calcaire blanc grisâtre subcristallin. C'est en vain que nous avons cherché *Ceratites nodosus*, au-dessus de la zone à *Pemphyx*, et, au sommet du Muschelkalk, *Ceratites semipartitus;* mais nous y avons trouvé *Nautilus, Pecten* et çà et là des nids de fossiles agglomérés, au milieu de bancs qui en paraissent dépourvus.

Il ressort du tableau ci-contre que le Muschelkalk atteint, au sud-ouest de Bourbonne-les-Bains, une épaisseur visible de 116^m. Encore se trouve-t-on à la cote 329^m dans les calcaires bien caractérisés et inférieurs aux argiles de la Lettenkohle, et d'après ce qu'on voit au nord de la ville, à la cote de 347^m, on peut lui attribuer encore au moins 18^m de calcaires blancs friables, alternant avec des calcaires gris compacts. La puissance totale de la formation serait donc de 134^m.

GÉOLOGIE. — *Nummulitique helvétique et Nummulitique préalpin dans la Suisse centrale et orientale.* Note de M. **Jean Boussac**, présentée par M. Henri Douvillé.

On a jusqu'à présent confondu, dans la Suisse centrale et orientale, le Nummulitique qui appartient bien effectivement à la nappe de Wildhorn, et une masse considérable de Flysch qu'il faut rattacher à un groupe de nappes plus élevées : le groupe inférieur des nappes préalpines. Le but de cette Note est de préciser certains points de la stratigraphie de ce Nummulitique helvétique et d'en séparer ce qui est préalpin.

1° *Nappe du Wildhorn.* — J'ai déjà fait connaître les changements de facies qui affectent le Nummulitique entre le Harder et les Ralligstöcke, et qui sont les mêmes qu'on observe plus à l'Ouest entre le Rawyl et les plis

frontaux de la nappe du Wildhorn [1]; mais l'âge des grès du Hohgant restait indécis. Or ces grès contiennent jusqu'à leur partie supérieure *Nummulites aturicus*, *N. contortus-striatus* et *Orthophragmina discus;* c'est certainement là de l'Auversien, et cet âge auversien est confirmé par la présence de *Pectunculus Jacquoti*, *P. grandis*, *Modiola modioloïdes*, etc. de la Palarea, *Campanile defrenatum* de Roncà et *Clavella longæva* des sables moyens du bassin de Paris.

Ces grès de Hohgant sont envahis graduellement, vers le Nord-Est comme vers le Sud-Est, par le facies des schistes gréseux fauves, qui, dans la région du Schimberg, sont fossilifères; on y trouve, outre des Globigérines, une faune de Nummulites et de Mollusques des plus intéressantes, parce qu'elle établit un lien entre quatre faunes auversiennes jusqu'ici un peu isolées : la villa Marbella près Biarritz, la Palarea, le Niederhorn et Roncà; les espèces les plus importantes sont : *Num. aturicus, Brongniarti, N.* cf. *striatus ; Pectunculus grandis* (Palarea, Niederhorn); *Dentalium nicense* (Palarea); *Cerithium Johannæ* (Villa Marbella); *Cerithium rarefurcatum* (Roncà); *Rimella multiplicata* (Palarea); *Rostellaria goniophora* (Palarea, Niederhorn); *Conus sulciferus* (sables moyens du bassin de Paris).

2° *Flysch préalpin.* — Dans la région de Habkern, les schistes priaboniens à Globigérines, avec intercalations répétées de bancs de Ralligmarmor, qui recouvrent les grès du Hoghant, sont coupés en biseau par le complexe du « Wildflysch », dont M. Beck a montré l'étroite liaison avec les « Leimernschichten », ou couches rouges du Crétacé préalpin; il contient, empaquetés à sa base, des blocs de Ralligmarmor; il est essentiellement constitué par des schistes argileux à Globigérines, broyés et contournés, et où s'intercalent (indépendamment des blocs exotiques):

1° Des grès et des quartzites verts, dits à tort *exotiques*, et contenant, là où le ciment calcaire est conservé, des Globigérines et des fragments de *Lithothamnium*, *Nummulites*, *Orthophragmina ;* 2° ces quartzites verts passent à des brèches polygéniques, très glauconieuses, contenant aussi des débris de *Lithothamnium*, *Orthophragmina*, *Assilina*, et de Nummulites granuleuses des groupes de *N. Rouaulti et complanatus*, *établissant ainsi l'âge lutétien du Wildflysch de Habkern;* 3° des calcaires compacts, à nombreux petits Foraminifères (Globigérines), identiques aux parties blanc jaunâtre des couches de Leimern, mais, ici, d'âge certainement nummulitique. Il doit y avoir

---

(1) Il faut donc considérer les plis du Waldegg, du Niederhorn et toute la chaîne du Hoghant, comme les équivalents des plis frontaux de la nappe du Wildhorn par rapport au grand anticlinal couché Mittaghorn-Harder; le synclinal de Habkern et de la région des Schlieren est donc un synclinal dans la nappe de Wildhorn.

aussi des bancs calcaires à *N. complanatus*, car j'en ai trouvé un bloc dans le lit du Bohlbach.

M. Lugeon a considéré le premier le Wildflysch de Habkern comme préalpin, et cette opinion est généralement adoptée aujourd'hui ; la détermination de l'âge lutétien la confirme absolument, puisqu'il repose en discordance sur du Priabonien. Mais plus loin vers le Nord-Est, dans la région du Schlieren, on a la même succession anormale. Au-dessus des schistes qui surmontent, soit les grès du Hohgant (Junkholz), soit les schistes gréseux fauves (Schimberg), on voit un système de schistes argileux noirs ou verdâtres, très tourmentés, à Globigérines, contenant des lentilles de quartzites verts et des calcaires fins à Globigérines (facies des couches de Leimern) et par places (Feuerstein, Unterrisch), des calcaires glauconieux ou un peu ferrugineux à *N. complanatus* et *Assilina;* c'est du Lutétien préalpin, surmonté par la grande masse des grès, souvent tres bréchoïdes, des Schlieren (Silvanschichten), vraisemblablement priaboniens (on y trouve des débris d'*Orthophragmina*), et qu'il faut ranger aussi dans le Préalpin, comme M. Buxtorf en a déjà émis l'idée, sans en donner une démonstration précise.

C'est également au Préalpin qu'il faut attribuer la majeure partie du flysch subalpin, accompagné de Klippes, sur lequel reposent, sans flanc renversé, les chaînons frontaux de la nappe du Wildhorn; il possède un faciès tout différent du Nummulitique de ces chaînons: ce sont des schistes à Globigérines, avec des intercalations de calcaires à *Num. complanatus* et *Assilina* décrits par Kaufmann (Stein, Thoregg, etc.) ; exactement sur le prolongement de la même zone tectonique se trouvent les couches du lac de Lowerz, qui supportent aussi, sans l'intermédiaire d'un flanc renversé, le chaînon frontal Rigi-Hochfluh, et en continuité avec elles viennent les couches d'Einsiedeln-Steinbach, qui s'étalent largement entre Einsiedeln et Iberg, recouvrant complètement le front de la nappe helvétique, et supportant les Mythen; le même flysch remplit le synclinal Aubrig-Fluhbrig, et dans le Wildflysch du Bärlauibach on a trouvé une lentille de gypse. Tout cela est du Préalpin.

Les Préalpes ont enveloppé le front des nappes helvétiques dans la Suisse orientale comme dans la Suisse occidentale.

On sera sans doute amené plus tard à mettre dans le Préalpin le Flysch qui suit le front du Sentis (Flybach, etc.) et surtout celui de la zone helvético-bavaroise (Kressenberg, Mattsee, etc.) qui présente un facies identique. Cette zone est aussi accompagnée de Klippes; on y a découvert des conglomérats polygéniques et des blocs exotiques de granites du type de Habkern.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les Rhinocéridés de l'Oligocène d'Europe et leur filiation.* Note de M. **Roman**.

Si les grandes lignes de l'évolution du groupe des *Rhinocéridés* fossiles, pendant le Miocène, le Pliocène et le Quaternaire, sont assez bien établies d'après des travaux récents, il n'en est pas de même des formes plus anciennes de cette famille, dont les rapports phylétiques laissent encore à désirer.

En reprenant l'étude des espèces oligocènes, j'ai été conduit à modifier plusieurs des filiations admises, et j'ai pu constater que l'on trouvait dès l'origine des formes très différentes et formant un plus grand nombre de rameaux qu'on ne l'avait pensé jusqu'à ce jour; les uns se raccordent facilement avec ceux du Tertiaire récent, les autres s'éteignent dès la fin de l'Oligocène.

Les *Rhinocéridés* sont, comme on le sait, une famille d'Ongulés d'origine très probablement américaine, immigrés en Europe vers le commencement de l'Oligocène. Leur arrivée coïncide avec celle des *Amynodontidés* (*Cadurcotherium*) et des *Achænodontidés* (*Entelodon*). Les plus anciens *Rhinocéridés* ont été trouvés dans les marnes de Ronzon (Sannoisien) par Aymard et plus récemment par M. Vasseur dans les molasses sannoisiennes du Fronsadais.

L'*Acerotherium velaunum* [1] de Ronzon, de grande taille et pourvu de fortes canines inférieures, est la souche de l'*A. Filholi* Osb. du Stampien.

Avec le Stampien, le groupe des *Rhinocéridés* se développe et montre les rameaux suivants :

I. Formes de petite taille à dentition supérieure continue, à prémolaires hétérodontes et bourrelet basilaire très développé, pourvues d'une canine supérieure assez forte opposée à une canine inférieure insérée verticalement sur le maxillaire. Un nom générique nouveau est nécessaire pour désigner cette série : Je propose le nom d'*Eggysodon* (εγγυς, près) (= *Ronzotherium* auct. non Aymard), type *Ronzotherium Osborni* Schlosser.

II. Formes de moyenne taille à dentition supérieure homéodonte et à canines inférieures à section triangulaire, aplaties en dessus : type du groupe *Acerotherium minutum* Cuvier (syn. excl.).

---

[1] Le nom *Ronzotherium* Aymard créé pour l'*Ac. velaunum*, qui est un véritable *Acerotherium*, doit disparaître de la nomenclature, d'autant plus qu'il a été employé par divers auteurs pour des espèces se rapportant à des groupes tout différents.

III. Très grandes espèces à dentition supérieure homéodonte, à molaires à vallée médiane largement ouverte, sans crochet ni anticrochet, et canines inférieures à section ovalaire, en forme de poignard : type du groupe *Acerotherium Filholi* Osborn.

IV. Espèces pourvues de deux cornes latérales nasales, à dentition homéodonte, molaires pourvues d'un crochet développé et d'un faible crochet antérieur, canines inférieures relativement faibles : genre *Diceratherium*, type *Rhinoceros pleuroceros* Duvernoy.

Avec l'étage Aquitanien apparaissent de très petites formes pourvues probablement d'une petite corne nasale, à dentition homéodonte, molaires à vallée rétrécie par un crochet et un anticrochet bien développés : forme aquitanienne du groupe *Ceratorhinus tagicus* Roman (type du genre *Ceratorhinus sansaniensis* Lartet).

Les diverses espèces de Rhinocéridés oligocènes peuvent se répartir de la façon suivante dans ces diverses séries :

Premier rameau. — Le genre *Eggysodon* débute dans le Stampien inférieur avec l'*E. Gaudryi* Rames des argiles de Brons (Cantal) et de Latou près Trémons (Haute-Garonne). Il se développe dans le Stampien moyen avec l'*E. Osborni* Schl. des phosphorites du Quercy et du bassin de Mayence (*Ronzotherium Reichenaui* Deninger); on le retrouve dans le Stampien supérieur du bassin de Paris (la Ferté Aleps).

A ce même genre il convient de rapporter *E. Pomeli* nov. sp. (*Rhinoceros Croizetti* Pomel) [1] du Stampien supérieur de Gannat et peut-être aussi *Rh. Cadibonnense* Rogers, encore trop incomplètement connu.

Deuxième rameau. — La série des *Acerotherium* de moyenne taille débute dans les mollasses du Stampien moyen du Sud-Ouest avec l'*A. albigense* nov. sp. et se coutinue dans le Stampien supérieur de Moissac (Lot-et-Garonne) par l'*Ac. minutum* Cuvier (synon. excl.) qui a été retrouvé au même niveau à Auzon, dans le Gard et à Pyrimont (Ain) (Aquitanien).

Troisième rameau. — Les grands *Acerotherium* débutent dès le Sannoisien avec l'*A. velaunum* de Ronzon et continuent par l'*A. Filholi*, espèce très répandue dans tout le Stampien : Allias (Gironde) dans le calcaire à Astéries; phosphorites du Quercy; La Milloque et la Comberatière (Lot-et-Garonne); Puy-Laurens (Tarn); environs de Marseille (Stampien supérieur); Pernes (Vaucluse), Stampien moyen; La Ferté Aleps, Stampien supérieur : Klein-Blauen, près Bâle (Suisse), etc.

Ce groupe passe dans le Burdigalien avec l'*Acerotherium platyodon* Mermier.

A côté de ces formes, et constituant peut-être un petit rameau parallèle, se trouve l'*Acerotherium lemanense* Pomel, de Gannat, Saint-Gérand-le-Puy (Allier), de la

---

(1) Le type de Pomel étant perdu, il est nécessaire de faire disparaître, au moins provisoirement, le nom de *Croizetti*, employé pour des Rhinocéridés divers, qui n'ont aucun trait commun.

mollasse de Lausanne (Suisse), etc., qui se rattache à la série miocène de l'*Acerotherium incisivum*.

Quatrième rameau. — Les espèces du genre *Diceratherium* sont de petite taille au début et apparaissent dans le Stampien supérieur avec le *Dic. pleuroceros* Duvernoy des calcaires de Gannat et de Billy (Allier). On les retrouve dans les assises de passage de l'Oligocène au Miocène (Aquitanien *auct.*) avec le *Diceratherium asphaltense* Depéret et Douxami, de Pyrimont (Ain), puis dans le Burdigalien où ils sont représentés par le *Dic. Douvillei* Osborn.

Cinquième rameau. — Avec l'Aquitanien seulement apparaît le groupe des *Cératorhinés* ou Rhinocéros à cornes, plus spécialement miocène. Le *Ceratorhinus tagicus* Roman, du Burdigalien inférieur de Lisbonne, ancêtre probable du *sansaniensis* Lartet, se retrouve avec tous ses caractères dès l'Aquitanien. A cette espèce doivent en effet se rattacher : la petite forme de Selles-sur-Cher (Loiret), celle d'Ulm (Bavière) et celles de la mollasse grise de Lausanne (Suisse) et de Pyrimont (Ain).

On voit d'après cet exposé que, sur les cinq rameaux mentionnés, le premier apparaît au début du Stampien pour s'éteindre sans laisser de descendants dans le Stampien supérieur, et le dernier débute seulement dans les assises de passage de l'Oligocène au Miocène. Les trois autres se montrent dans tout l'Oligocène et se relient assez facilement aux séries du Miocène.

Il est en outre intéressant de remarquer que des formes de grande taille ayant déjà acquis tous les caractères des *Acerotherium*, telles que l'*A. velaunum*, étaient apparues dès le début de l'Oligocène, c'est-à-dire dès l'apparition des *Rhinocéridés* en Europe. Cette constatation implique nécessairement l'existence de formes ancestrales sur un autre point du globe.

A côté de ces espèces, et à la même époque, se développaient aussi des formes plus primitives que je rattache au genre *Eggysodon*, dont le degré d'évolution est tout à fait comparable à celle de certaines formes américaines, telles que l'*Acerotherium mite* et le *Leptacerotherium trigonodon*, indiquant que l'évolution des formes de *Rhinocéridés* se poursuivait à peu près parallèlement sur les deux continents avec des espèces distinctes.

Ces conclusions et les descriptions de ces différents types seront développées dans un travail plus étendu actuellement en préparation.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les nodules* (Septaria) *à Ammonites triasiques de Madagascar et sur le développement des* Ammonea. Note de M. **Fournier**, présentée par M. Henri Douvillé.

Dans la séance de la Société géologique de France du 7 février 1910, M. Douvillé a déjà signalé dans les nodules rapportés de Madagascar, par

MM. Callens et Bordeaux la présence d'Ammonites d'âge triasique et de Poissons.

M. Merle, contrôleur principal des Mines, qui vient de faire un long séjour dans l'île, a bien voulu me soumettre un nombre considérable de nodules renfermant aussi des Ammonites et des Poissons qui sont du même âge que ceux décrits par M. Douvillé.

En cassant quelques centaines de ces nodules, j'avais été, comme M. Douvillé, frappé de ce fait qu'un très grand nombre d'entre eux présentaient à leur intérieur une cavité centrale remplie le plus souvent d'une matière pulvérulente argileuse et siliceuse renfermant parfois un peu de calcaire, et dans laquelle une analyse qualitative sommaire m'a permis de déceler la présence du fer, d'une quantité notable de manganèse et d'un peu de cobalt.

J'avais remarqué, en outre, que dans les nodules allongés, non écrasés, cette cavité avait toujours la même forme et que ses parois présentaient des stries et ondulations régulières qu'il paraissait difficile d'expliquer autrement qu'en admettant la nature organique du corps ayant donné naissance à la cavité. Ce corps se compose de deux parties : l'une allongée un peu fusiforme, légèrement incurvée, mesure dans les échantillons de taille moyenne 5^{cm} à 6^{cm} de longueur; l'autre, réunie à la précédente par un étranglement, est grossièrement elliptique ou pyriforme et paraît avoir joué, par rapport à la précédente, le rôle d'une sorte de pédoncule; dans certains échantillons, ce pédoncule est replié sous la partie fusiforme. Les parois internes de la cavité sont souvent tapissées d'une matière charbonneuse provenant sans aucun doute d'un organisme.

Or, en examinant à la loupe plus de cent nodules présentant cette énigmatique cavité, nous avons découvert dans la gangue siliceuse qui l'enveloppe *un nombre incalculable de minuscules Ammonites* dont les plus grandes ont 3^{mm} à 4^{mm} de diamètre et les plus petites *environ un demi-millimètre;* un grand nombre d'entre elles sont réduites à leurs premières loges et parfois même à leur loge initiale. Dans certains échantillons, une seule surface de section présente une centaine au moins de ces petites Ammonites, ce qui suppose que le nodule entier en comporte au moins un millier, car, quelle que soit la direction dans laquelle nous avons opéré la section, nous avons toujours trouvé autant d'empreintes.

Les nodules à Poissons de la même formation ne paraissent pas, en général, présenter de traces de ces jeunes Ammonites, tandis qu'elles *abondent d'une façon constante* dans les nodules présentant la cavité que je viens de décrire. Si l'on tient compte, en outre, de la difficulté de la conservation d'organismes aussi frêles et du fait que ces jeunes Ammonites

n'occupant pas le noyau de la concrétion ne peuvent, en aucun cas, être considérées comme ayant été le point de départ de sa formation, il paraît bien difficile d'admettre qu'un groupement aussi constant d'un nombre aussi considérable de jeunes individus, autour d'une cavité de forme également constante, soit un effet du hasard.

Deux interprétations se présentent alors à l'esprit : ou bien l'organisme qui a donné naissance à la cavité a pu servir de nourriture aux jeunes Ammonites, ou bien cet organisme est un flotteur ayant supporté les œufs, sur lequel les jeunes évoluaient jusqu'à un certain stade et qui servait d'organe de dissémination.

Il n'est pas difficile de réfuter la première hypothèse : si le corps avait servi de nourriture aux Céphalopodes, il ne serait pas conservé d'une façon constante; on trouverait aussi, près de lui, des Ammonites de plus grande taille et d'autres organismes; enfin il varierait certainement de forme et de nature.

Nous ne croyons donc pas dépasser les limites d'une induction légitime, en proposant d'envisager la deuxième hypothèse qui, d'après le peu que nous connaissons sur le développement des Céphalopodes et de quelques autres Mollusques pélagiques comme les Janthines, n'a rien de nature à nous surprendre.

Nous ajouterons que, dans les gros nodules siliceux renfermant des formes adultes, nous avons reconnu la présence du genre *Ophiceras*, déjà signalé par M. Douvillé, et du genre *Otoceras*. Ces Céphalopodes, ainsi que les nombreux Poissons que l'on rencontre dans les mêmes couches, permettent de rapporter ces formations *au Trias le plus inférieur*, probablement au niveau des couches à *Otoceras Woodwardi* de l'Himalaya.

Nous publierons incessamment, en collaboration avec M. Merle, une étude plus détaillée sur ces formations.

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.